

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
 федеральное государственное автономное  
 образовательное учреждение высшего образования  
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Инженерная школа новых производственных технологий  
 Направление подготовки: 15.04.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машино-  
 строительных производств  
 Отделение материаловедения

### МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
<b>Исследование динамики ударного устройства с формирователем ударного импульса</b>

УДК 62-867:531.3

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4НМ81	Замыслов Юрий Александрович		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОМ	Дерюшева В.Н.	К.Т.Н.		

### КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН	Кашук И.В.	К.Т.Н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ООТД	Романцов И. И.	К.Т.Н.		

### ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
15.04.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств	Крауиньш П. Я.	д.т.н., доцент		

Томск – 2020 г.

*Планируемые результаты обучения по ООП 15.04.05*

Код ре- зультата	Результат обучения
<b>Профессиональные компетенции</b>	
Р1	Применять глубокие естественнонаучные и математические знания для создания нового технологического оборудования и машин.
Р2	Применять глубокие знания в области современного машиностроительного производства для решения междисциплинарных инженерных задач
Р3	Ставить и решать инновационные задачи инженерного анализа, связанные с созданием и обработкой новых изделий с использованием системного анализа и моделирования объектов машиностроительного производства
Р4	Разрабатывать и использовать новое оборудование и инструменты для обработки материалов и изделий, конкурентоспособных на мировом рынке машиностроительного производства
Р5	Проводить теоретические и модельные исследования в области машиностроительного производства
Р6	Внедрять и обслуживать современные высокотехнологические линии автоматизированного производства, обеспечивать их высокую эффективность, соблюдать правила охраны здоровья и безопасности труда на машиностроительном производстве, выполнять требования по защите окружающей среды
<b>Универсальные компетенции</b>	
Р7	Использовать глубокие знания для инновационной инженерной деятельности с учетом юридических аспектов защиты интеллектуальной собственности
Р8	Активно владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в иноязычной среде, разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты инновационной деятельности
Р9	Эффективно работать индивидуально, в качестве члена и руководителя группы, состоящей из специалистов различных направлений и квалификаций, демонстрировать ответственность за результаты работы и готовность следовать корпоративной культуре организации Требования
Р10	Демонстрировать глубокие знания социальных, этических и культурных аспектов, компетентность в вопросах устойчивого развития
Р11	Самостоятельно учиться и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации**  
федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

---

Инженерная школа новых производственных технологий

Отделение материаловедения

Направление подготовки: 15.04.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машино-  
строительных производств

УТВЕРЖДАЮ:  
Руководитель ООП  
\_\_\_\_\_ П.Я. Крауиньш  
(Подпись) (Дата)

**ЗАДАНИЕ  
на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

Магистерской диссертации
--------------------------

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
4НМ81	Замыслов Юрий Александрович

Тема работы:

Исследование динамики устройства с формирователем ударного импульса	
Утверждена приказом директора ИШНПТ	Приказ №59-70/с от 28.02.2020

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<b>Исходные данные к работе</b>  <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i>	Провести кинематические и динамические исследования ударного механизма с промежуточным упругим элементом (формирователем). Режим работы: одиночные удары. Проанализировать форму и длину ударного импульса без упругого промежуточного элемента и с различными видами упругих формирователей.
--	---

<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b></p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Аналитический обзор данных по ударным механизмам: перспективы развития.</li> <li>2. Постановка цели и задач исследования.</li> <li>3. Методы исследования.</li> <li>4. Моделирование принципиальной схемы ударного механизма с упругим промежуточным элементом.</li> <li>5. Подбор оптимальных параметров и расчет математической модели ударного механизма с упругим промежуточным элементом.</li> <li>6. Расчет пружин и сравнительный анализ, для выявления подходящего упругого элемента.</li> <li>7. Выводы о проделанной работе.</li> </ol>
<p><b>Перечень графического материала</b> <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>Демонстрационный материал (презентация в MS Power Point)</p>

<b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b> <i>(с указанием разделов)</i>	
Раздел	Консультант
<i>Литературный обзор и исследовательская часть</i>	Дерюшева В.Н., к.т.н., доцент ОМ
<i>Технологическая часть</i>	Дерюшева В.Н., к.т.н., доцент ОМ
<i>Финансовый менеджмент</i>	Кащук И.В., к.т.н., доцент ОСГН
<i>Социальная ответственность</i>	Романцов И. И., к.т.н., доцент
<i>Иностранный язык</i>	Диденко А.В., к.ф.н., доцент ОИЯ
<b>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</b>	
<b>Аналитическая часть (обзор)</b>	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	10.09.2018
--	------------

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОМ	Дерюшева В.Н.	к.т.н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4НМ81	Замыслов Юрий Александрович		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕ-  
РЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
4НМ81	Замыслов Юрий Александрович

Школа	ИШНПТ	Отделение школы (НОЦ)	
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	15.04.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НР): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Стоимость материальных ресурсов и специального оборудования определены в соответствии с рыночными ценами г. Томска. Тарифные ставки исполнителей определены штатным расписанием НИ ТПУ.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Норма амортизационных отчислений на специальное оборудование
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Отчисления во внебюджетные фонды 30 %

**Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:**

1. Анализ конкурентных технических решений (НИ)	Расчет конкурентоспособности SWOT-анализ
2. Формирование плана и графика разработки и внедрения (НИ)	Структура работ. Определение трудоемкости. Разработка графика проведения исследования.
3. Составление бюджета инженерного проекта (НИ)	Расчет бюджетной стоимости НИ по разработке стенда
4. Оценка ресурсной, финансовой, бюджетной эффективности (НИ)	Интегральный финансовый показатель. Интегральный показатель ресурсоэффективности. Интегральный показатель эффективности.

**Перечень графического материала** (с точным указанием обязательных чертежей)

1. Оценка конкурентоспособности НИ
2. Матрица SWOT
3. Диаграмма Ганта
4. Бюджет НИ
5. Основные показатели эффективности НИ

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	18.02.2020
--	------------

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Кашук Ирина Вадимовна	к.т.н., доцент		10.02.2020

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4НМ81	Замыслов Юрий Александрович		10.02.2020

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

<b>Группа</b>		<b>ФИО</b>	
4НМ81		Замыслов Юрий Александрович	
<b>Школа</b>	<b>Инженерная школа новых производственных технологий</b>	<b>Отделение (НОЦ)</b>	<b>Отделение материало-ведения</b>
<b>Уровень образования</b>	Магистратура	<b>Направление/специальность</b>	15.04.05 Кон-структорско-тех-нологическое обеспечение

Тема ВКР:

**Исследование динамики ударного устройства с формирователем ударного импульса**

**Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:**

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения

Ударные механизмы, используются при бурении скважин в прочных горных породах, для отделения полезного ископаемого от массива, для проведения специальных строительных работ по бестраншейной прокладке подземных коммуникаций, усилению оснований и фундаментов, а также для разрушения старого дорожного полотна. В данной работе рассматривается использование упругого промежуточного элемента, что позволяет увеличить время контакта инструмента с обрабатываемой средой, тем самым увеличить эффективность ударного механизма. Цикл работы данного механизма, делится на 3 этапа: разгон, удар, возврат. Ударные механизмы (стенды) устанавливаются в производственных помещениях, в которых исследуется влияние ударных нагрузок на различные виды материалов. Кроме ударных механизмов в помещении могут находиться различные стенды, такие как вибростенды, для исследования различных нагрузок. Данное помещение имеет смешанное освещение.  
Рабочие температуры при которых работает ударный механизм: -40...+50°C.  
Область применения: горная промышленность, машиностроение, строительство.

**Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:**

**1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:**

- Трудовой кодекс РФ от 30.12.2001 N 197-ФЗ;
- Федеральный закон «Об основах охраны труда в РФ»;
- Федеральный закон «Об обязательном социальном страховании от несчастных случаев на производстве»;
- Федеральный закон «О промышленной безопасности опасных производственных объектов»;
- Федеральный закон «О пожарной безопасности».
- гигиенические требования по СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03;
- размещение рабочего места по ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ;
- ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности.
- СН 2.2.4/2.1.8.566–96. Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий.
- СП 52.13330.2016. Естественное и искусственное освещение
- ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность.
- ГОСТ 12.2.061-81 ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности к рабочим местам.

	- Федеральным классификационным каталогом отходов (2017)
<b>2. Производственная безопасность:</b> 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия	Вредные факторы: - недостаточное освещение; - повышенный уровень вибрации; - повышенная или пониженная температура, влажность, скорость движения воздуха. - психофизиологические производственные факторы в том числе: физические перегрузки, связанные с тяжестью трудового процесса и нервно-психические перегрузки, связанные с напряженностью трудового процесса; Опасные факторы: - движущиеся машины и механизмы, подвижные части производственного оборудования и т.п.; - сжатый воздух - отлетающие частицы и осколки. Электробезопасность. Обоснование мероприятий по снижению воздействия.
<b>3. Экологическая безопасность:</b>	Атмосфера: взвешенные в воздухе частицы твердых веществ. Гидросфера: загрязнение сточных вод. Утилизация ТБО, микросхем, люминесцентных ламп.
<b>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b>	Возможные ЧС: наводнения, ураганы, пожары, Наиболее типичная ЧС: возникновение пожара на рабочем месте, электрическое поражение током человека.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
--	--

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Романцов И. И.	к.т.н.		02.03.2020

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4НМ81	Замыслов Юрий Александрович		02.03.2020

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 116 с., 16 рис., 20 табл., 37 источников, 5 прил.

Ключевые слова: ударный механизм, упругий промежуточный элемент, поршень-боёк, промежуточный боёк, инструмент, пружина, формирователь, математическая модель.

Объектом исследования являются исследования ударного механизма с промежуточным упругим элементом (формирователем).

Цель работы – является исследование ударного механизма с промежуточным упругим элементом, сформированной на основании проведенного литературного обзора существующих научных работ по данной тематике, путем математического моделирования и детального обзора конструктивных параметров и свойств элементов.

В процессе исследования проводился математическое моделирование, на основе которого, выбирается оптимальный упругий промежуточный элемент.

В результате исследования провоятся кинематические и динамические исследования ударного механизма с промежуточным упругим элементом (формирователем). Анализируется форма и длина ударного импульса без упругого промежуточного элемента и с различными видами упругих формирователей.

Область применения: Ударные механизмы, используются при бурении скважин в прочных горных породах, для отделения полезного ископаемого от массива, для проведения специальных строительных работ по бестраншейной прокладке подземных коммуникаций, усилению оснований и фундаментов, а также для разрушения старого дорожного полотна.

Экономическая эффективность работы: оптимизация параметров и модернизации гидроабразивной установки на основе математического моделирования может привести к повышению производительности и снижению себестоимости деталей, полученных на данной установке.



В дальнейшем, планируется создание экспериментального макета, который позволит провести необходимые исследования в реальных условиях эксплуатации данной ударной системы.

## Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки

В работе используются следующие термины с соответствующими определениями:

Инструмент-Технологическая оснастка, предназначенная для воздействия на предмет труда с целью изменения его состояния.

SWOT-анализ — метод стратегического планирования, заключающийся в выявлении факторов внутренней и внешней среды организации и разделении их на четыре категории: Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности), Threats (угрозы).

В настоящей работе использованы ссылки на следующие стандарты:

1. ГОСТ 3.1109-82 Единая система технологической документации (ЕСТД). Термины и определения основных понятий (с Изменением N 1).
2. ГОСТ 27.004-85 Надежность в технике (ССНТ). Системы технологические. Термины и определения.
3. размещение рабочего места по ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ;
4. ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности.
5. СН 2.2.4/2.1.8.566–96. Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий.
6. СП 52.13330.2016. Естественное и искусственное освещение
7. ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность.
8. ГОСТ 12.2.061-81 ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности к рабочим местам.

## Оглавление

<b>ВВЕДЕНИЕ .....</b>	<b>13</b>
<b>1. АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИЙ УДАРНЫХ МЕХАНИЗМОВ .....</b>	<b>15</b>
1.1 АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИЙ ИЗВЕСТНЫХ УДАРНЫХ МЕХАНИЗМОВ .....	15
1.2 АНАЛИЗ ИЗВЕСТНЫХ УПРУГИХ ЭЛЕМЕНТОВ .....	20
1.2.1 Винтовые пружины.....	20
1.2.2 Плоские пружины .....	21
1.2.3 Спиральные пружины.....	22
1.2.4 Тарельчатые пружины .....	23
1.2.5 Жидкостная пружина .....	24
1.2.6 Газовая пружина .....	25
1.2.7 Эластомерные пружины .....	26
<b>2. СХЕМА УДАРНОГО МЕХАНИЗМА С УПРУГИМ ПРОМЕЖУТОЧНЫМ ЭЛЕМЕНТОМ.....</b>	<b>29</b>
2.1 СХЕМА ПНЕВМОГИДРАВЛИЧЕСКОГО УДАРНОГО МЕХАНИЗМА С УПРУГИМ ПРОМЕЖУТОЧНЫМ ЭЛЕМЕНТОМ .....	29
2.2. ПАРАМЕТРЫ ФОРМИРОВАТЕЛЯ УДАРНОГО ИМПУЛЬСА.....	31
<b>3. МОДЕЛИРОВАНИЕ УДАРНОГО МЕХАНИЗМА С УПРУГИМ ПРОМЕЖУТОЧНЫМ ЭЛЕМЕНТОМ .....</b>	<b>33</b>
3.1. РАСЧЕТНАЯ ЧАСТЬ .....	33
3.2 РАСЧЕТ ПРУЖИН.....	39
3.2.1 Расчет Винтовой пружины. ....	39
3.2.2 Расчет тарельчатой пружины.....	40
3.2.4 Расчет в MatLab .....	41
<b>4. РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОВЕДЕННОГО ИССЛЕДОВАНИЯ .....</b>	<b>43</b>
4.1 РЕЗУЛЬТАТЫ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ.....	43
<b>5. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ .....</b>	<b>44</b>
5.1 ОЦЕНКА КОММЕРЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА И ПЕРСПЕКТИВНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ .....	45
5.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования .....	45
5.1.2 Анализ конкурентных технических решений .....	46
5.1.3 SWOT – анализ.....	47
5.1.4 Оценка готовности проекта к коммерциализации .....	49
5.2 ПЛАНИРОВАНИЕ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ РАБОТ .....	52
5.2.1 Структура работ в рамках научного исследования .....	52
5.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ и разработка графика проведения .....	53
5.3 БЮДЖЕТ НАУЧНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ .....	57
5.3.1 Расчет материальных затрат .....	57
5.3.2 Расчет амортизации специального оборудования .....	57
5.3.3 Расчет основной заработной платы.....	59
5.3.4 Дополнительная заработная плата .....	60
5.3.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления) .....	61
5.3.5 Накладные расходы .....	61
5.3.6 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта .....	62
5.4 ОПРЕДЕЛЕНИЕ РЕСУРСНОЙ (РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩЕЙ), ФИНАНСОВОЙ, БЮДЖЕТНОЙ, СОЦИАЛЬНОЙ И ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИССЛЕДОВАНИЯ .....	63
<b>6. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ .....</b>	<b>65</b>
6.1 ПРАВОВЫЕ И ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ ВОПРОСЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ .....	66
6.2 ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ.....	68
6.3 АНАЛИЗ ОПАСНЫХ И ВРЕДНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ФАКТОРОВ .....	69
6.3.1 Микроклимат .....	69
6.3.2 Уровень вибрации на рабочем месте.....	71
6.3.4 Освещенность на рабочем месте .....	73
6.3.5 Электробезопасность .....	75
6.3.6 Психофизиологические производственные факторы .....	77
6.3.7 Сжатый воздух .....	80

6.4. ТРЕБОВАНИЯ ВО ВРЕМЯ РАБОТЫ УДАРНОГО МЕХАНИЗМА.....	82
6.5. ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ.....	84
6.5.1 Утилизация люминесцентных ламп.....	84
6.5.2 Утилизация микросхем .....	84
6.5.3 ТБО.....	85
6.6 БЕЗОПАСНОСТЬ В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ .....	87
6.6.1 Анализ ЧС, которые может инициировать объект исследования .....	87
6.6.2 Анализ ЧС, которые могут произойти при проведении испытаний на ударном механизме.....	87
6.6.3 Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС .....	87
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....</b>	<b>89</b>
<b>СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СТУДЕНТА .....</b>	<b>90</b>
<b>СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....</b>	<b>91</b>
<b>ПРИЛОЖЕНИЯ .....</b>	<b>96</b>
<b>1.2.3 COIL SPRINGS .....</b>	<b>111</b>

## Введение

В современном мире, импульсные устройства применяются в различных сферах деятельности человека. Основные направления применения импульсных устройств можно выделить несколько: горную промышленность (в которой ударные механизмы применяются для разрушения горных пород и разрушения скалистого грунта), сфера строительства (с помощью данных устройств прокладываются различные коммуникации, производится забивка свай для строительства домов), также в дорожном строительстве (с помощью ударных устройств удаляется старое асфальтное покрытие).

Ударные узлы можно разделить на несколько видов, в которых приводом служит гидропривод, у других ударных узлов приводом пневматический привод, а есть импульсные устройства, которые совмещают в себе работу сразу двух видов приводов, такие привода называют пневмогидравлическими [6,5,22].

Самыми эффективными ударными устройствами, являются те устройства, в конструкцию которых входит промежуточный формовщик [37,32,2,8,10,29]. Данная тематика остается актуальной, ведь, оптимально подходящий упругий промежуточный элемент, который бы минимизировал остаточные колебания так и не найден.

Проанализировав рынок, был найден обширный ряд компаний, которые разрабатывают и производят на своих площадках, машины и агрегаты ударного действия [1,4,7,11,12,26]. А после литературного патентного и литературного поиска, было подтверждено, что наиболее эффективными ударными устройствами, являются [14,20], те у которых в конструкции применяется упругий промежуточный элемент.

Методом, которым было проведено исследование, является математическое моделирование.

Целью данной работы, является формы и длины ударного импульса без упругого элемента и с различными видами упругих формовщиков, путем математического моделирования и анализом свойств элементов.

В результате выполнения работы решались следующие задачи:

1. Ударного механизма с упругим промежуточным элементом (формирователем).
2. Подбор оптимальных параметров и расчет математической модели ударного механизма с упругим промежуточным элементом.
3. Расчет пружин и сравнительный анализ, для выявления подходящего упругого.

После анализа результатов математического моделирования, было подтверждено, что использование в конструкции разработанного ударного пневмогидравлического устройства, упругого промежуточным формирователя, продлевает воздействие ударного механизма на обрабатываемую среду.

## 1. Анализ конструкций ударных механизмов

### 1.1 Анализ конструкций известных ударных механизмов

В настоящее время классификация ударных механизмов настолько обширно, начиная от больших сваебойных машин заканчивая ударными узлами ручного применения [], так разнообразно и применение ударных узлов в различных сферах, для различных работ.

В настоящее время на рынке представлено различное разнообразие машин ударного действия, это и ударные механизмы для утрамбовки грунта, сваебойные машины, гидравлические молоты и мини-копровые установки, ручные молоты.

Некоторые из данных установок и компаний занимающимися их производством приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Компании, занимающиеся производством ударным механизмов

Компания	Модели станков
Liebherr	Сваебойная и буровая установка LRB 16
Liebherr	Сваебойная и буровая установка LRB 18
Liebherr	Сваебойная установка LRH 400
CAT	Гидравлический молот H25D
"Гидро-Тек"	Ручной копер Atlas Copco
ООО «Bruce»	Гидравлический свайный молот BRUCE
ARLIFT	Мини – сваебойная машина ArLift
«Русские Строительные Машины»	МКУ-1300 Титанище

Если смотреть на принцип работы данных устройств, то основное распространение получили механизмы с пневматическим, гидравлическим и пневмогидравлическим приводами. Работа ударного механизма делиться на разгон и взвод поршня-бойка. При использовании пневмогидравлического – взвод будет происходить только с использованием гидравлического привода, а разгон, либо пневматическим, либо пневмогидравлическим приводом. Если использовать в

конструкции гидравлический привод, то взвод и возврат будет происходить под действием гидравлического привода. Если использовать в конструкции пневматический привод, то взвод и возврат будут происходить под действием пневматического привода.

Так же мы можем разделить ударные механизмы и по силе энергии, которой наносится удар: у малых, энергия составляет до 100 Дж, средние выделяют до 50 кДж, а тяжелые – больше 50 кДж.

Если рассмотреть каждый из приводов для использования в конструкции, то у каждого из них можно выделить достоинства и недостатки.

Если рассматривать достоинства и недостатки гидравлического привода, то можно выделить плюсы:

1. Гидравлический привод может развивать большие усилия при малых размерах.

Гидравлически привод, по производству силы в 25 раз, превосходит пневматический привод.

2. Может находиться на больших расстояниях от насосной станции.

3. Может работать при различных температурных перепадах.

К минусам гидравлического привода относятся:

1. Может вытекать рабочая жидкость

2. Жидкость может подвергаться температурным перепадам.

3. Большие энергетические затраты, что в рабочем состоянии, что в состоянии покоя.

Пневматический привод имеет сложное устройство.

К минусам пневмапривода относятся:

1. Имеет легкий конструкции.

3. Не возникает пожаров, так как сжатый воздух не взрывоопасен.

4. Имеет довольно долгий срок службы.

7. Передает воздух на большие расстояния.



Выделяя минусы пневмапривода, можно отнести:

1. Малый КПД;
2. Трудности в регулировании и позиционировании.
3. Издаёт громкий шум при работе.
5. Нужно поддержка чистоты.
6. Низкие температуры не благоприятны.
7. Сложность в поддержке постоянной скорости.
8. Трудности обеспечения плавности работы.
9. Может происходить разрывы пневмотрубопровода.

Одной из важнейших задач при проектировании ударного механизма, является повышение эффективности самого удара. То насколько эффективным будет нанесенный ударный импульс во многом зависит от:

- Какими свойствами обладает ударник;
- То какие нагрузки испытывает;
- Насколько продолжителен нанесенный удар.

В нескольких научных работах, между поршне-бойком и промежуточным бойком, применяется упругого промежуточный формирователь.

Одно из таких устройств, в которых применяется упругий промежуточный элемент, являются работы авторов Фадеева П. Я., Фадеева В. Я., Гусельникова М. М., Мандрика М. С. Сердечный А. С., Сердечный А. А. Это может быть буфер из упругоэластичного материала, или буфер в виде рабочей жидкости [], или полость с газожидкостной средой.

В одном из устройств, которое было разработано авторами, используется полость 7, в которой находится жидкость, которая выполняет роль упругого элемента, для смягчения ударной нагрузки поршня-бойка 4 о корпус 1. Наголовник 2 жестко прикреплен к корпусу 1, так как наголовник сваи 2 жестко прикреплен к корпусу 1. Под действием давления в газовой полости 8, боёк 3, ударяется о поршень-боек 4, в этот момент происходит сжатие жидкости находящейся в промежуточной полости 7, в результате чего возрастает давление воздействует на

наголовник сваи 2 через корпус 1.

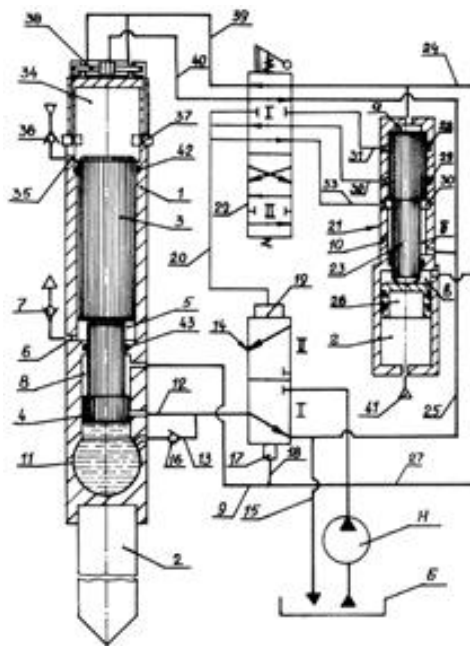


Рисунок 1— Свайный молот

Еще одной конструкцией, в работе которого используется упругий промежуточный формователь, является разработанный учеными Института гидродинамики СО РАН и его конструкторско-технологического филиала [24], агрегат для глубокой утрамбовки грунта (рис.2). В механизме в место обычной падающей трамбовки, применяется толстостенная погруженная в землю оболочка с находящейся в ней гидropневматическим молотом. В конструкции находится специальный буфер, благодаря его использование в тот момент, когда ударник в конце рабочего хода, наносит удар по нижней части основания оболочки, уменьшается величина ударного импульса, что способствует сохранению оболочки от разрушения, с другой стороны, его использование увеличивает время воздействия на грунт по сравнению с жестким ударом. Благодаря использованию данного буфера в конструкции, можно регулировать длительность ударных импульсов в обширном диапазоне. С его помощью, можно подбирать подходящие оптимальные параметры для трамбования грунта.



Рисунок 2 – Агрегат для трамбования грунта

В данной работе будет исследоваться влияние использования промежуточного элемента на конструкцию ударного узла, и нагрузки, которые он будет испытывать.

Разновидности упругих промежуточных элементов обширны, которые можно использовать в ударных механизмах. Задача, которая стоит передо мной, это выбор оптимально подходящего промежуточного упругого формирователя, который будет обладать свойствами выдерживать многократные удары, при этом сохранив свои первоначальные способности.

## 1.2 Анализ известных упругих элементов

### 1.2.1 Винтовые пружины

Винтовые пружины — это одна из разновидностей пружин, которая представляет собой витую цилиндрическую конструкцию (см. рис.3). Этот тип пружин относится к так называемым пружинам кручения. Винтовые пружины в рабочем состоянии подвергаются процессу деформации, то есть растягиваются или сжимаются[9,21,27,28].



Рисунок 3 – Винтовая пружина

Пружины винтовые цилиндрические представляют собой винтовой брус, и предназначены для восприятия нагрузки, которая характеризуется как растягивающая или сжимающая. Изготавливают пружины винтовые цилиндрические, как правило, из стальной проволоки круглого сечения, в некоторых случаях — прямоугольного сечения.

Данный вид пружин наиболее прост, технологически упруг, и надёжен. Благодаря этим свойствам, винтовые пружины нашли широкое применение в машиностроении и приборостроении.

Пружины кручения винтовые цилиндрические — особый вид данных пружин; возникающая в них энергия может быть определена, как напряжение изгиба. Области применения таких пружин следующие:

- Создание и реализация противодействующих крутящих моментов, посредством силовых упругих элементов,
- Использование в качестве элемента конструкции муфт свободного хода, пружинных тормозах и другого.

Витые конические пружины (их также называют амортизаторами), применяют в случаях, если пространство, где необходимо применение пружины ограничено, и размер сжатой пружины должен быть минимален. Тип действия таких пружин реализован следующим образом: витки пружины, благодаря своему расположению, при нагрузке входят один в другой.

### 1.2.2 Плоские пружины

Если рассмотрим в качестве упругого промежуточного элемента плоскую пружину. Если смотреть на форму пружина, то она представляет собой пластину определенной формы, либо прямую, либо изогнутую. (см. рис.4), в результате внешних воздействий, работает на изгиб. Их используют в конструкции, в том случае, когда сила, воздействующая на пружину в пределах малого хода.



Рисунок 4 – Плоская пружина

Плоские пружины можно разделить по принципу способа закрепления и мест куда прикладывается нагрузка:

- В виде консольных балок с приложенной нагрузкой на свободном конце;

- В виде балок, находящихся на двух опорах с сосредоточенной нагрузкой;
- В виде круглых пластин, закрепляющиеся по краям и нагруженные по середине.

### 1.2.3 Спиральные пружины

Спиральные пружины представляют из себя металлические детали, спиральные пружины используются в различных областях хозяйства для передачи вращательных и поступательных движений узлам каких-либо конструкций, механизмов, агрегатов (см. рис.5). Так же пружины могут использоваться и для погашения колебания металлических конструкций. Помимо различных видов, спиральные пружины классифицируются по типу передачи деформации. Всего таких типа три: пружины растяжения сжатия и кручения.



Рисунок 5– Спиральная ружина

Деформационное усилие в пружинах кручения прилагается под прямым углом к оси пружины. При этом воздействие нагрузки вызывает раскручивание или же наоборот, закручивание спирали. Приложение нагрузки осуществляется за счет того, что конструкция пружины кручения включает в себя специальные зацепы на последних витках.

Характерной особенностью пружин растяжения являются плотно прилегающие к друг другу витки, имеющие вид спирали. Принцип работы таких пружин заключается в увеличении своей длины под воздействием растягивающей

нагрузки, которая прикладывается к пружине. Воздействие на пружины растяжения осуществляется через зацепы, которые расположены на концах пружины. Помимо зацепов допускается использование внутренних втулок, крученых в тело пружины с определенным натягом. Нагрузка прикладывается вдоль оси.

Пружины сжатия, в отличие от пружин растяжения, имеют значительное расстояние между витками. Данное расстояние называется шагом. Пружины сжатия, при воздействии на них нагрузки, либо деформируются, либо сжимаются. Данный тип пружин имеет на специально обработанную поверхность на крайних витках для распределения равномерного воздействия по всей длине пружины. Как и в случае с пружинами растяжения, нагрузка на пружины сжатия должна прикладываться вдоль оси изделия. Для того, чтобы обеспечить правильное центрирование в тех случаях, когда высота пружины имеет большее значение, чем диаметр витков, используются оправы или специальные «стаканы».

Все спиральные пружины изготавливаются из круглой проволоки. Однако для изготовления пружин для различных заводных устройств применяется пружинная лента из холоднокатаной стали. При производстве заготовки навиваются на цилиндрическую оправку и находятся в таком положении несколько дней. Благодаря долгой выдержки в таком положении удастся получить устойчивую величину момента пружины.

#### 1.2.4 Тарельчатые пружины

Сегодня пружина шайба тарельчатая применяется в случае, когда нужно обеспечить устойчивость соединения к высоким силовым нагрузкам при несущественных деформациях. При этом пружина тарельчатая может изготавливаться при применении различных сплавов, зачастую используется рессорно-пружинная, так как она обладает всеми требуемыми свойствами.



Рисунок 6 – Тарельчатая пружина

#### 1.2.5 Жидкостная пружина

В качестве упругого тела, в жидкостной пружине применяется жидкость, которая подчиняется закону сжатия Гука, благодаря этому жидкость применяется в качестве упругого элемента.

Схема конструкции представлена на рис. 1.2.5, а. В качестве пружины, выступают цилиндр 3 и находящийся в нем шток 5 и поршень 2, представляющий собой направляющую. В цилиндре 3 находится деаэрированная жидкость, с начальным давлением, которое является определяющим начальное усилие «сжатия» пружины.

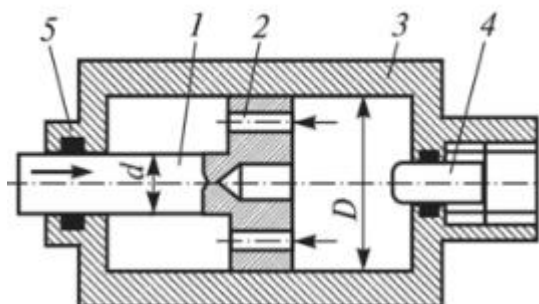


Рисунок 7– Принципиальная схема жидкостной пружины

Жидкостная пружина может отказывать, только в том случае, когда происходит небольшая потеря жидкости, из-за которой не происходит выход из строя машины, и она не является опасной для рабочего персонала. В основном жидкостные пружины можно применить в тяжелых машинах. Они будут представлять собой буферные устройства для остановки больших масс на небольших



участках. В конструкции данных пружин, находится демпфирующее устройство, их можно применить для амортизаторов самолета

#### 1.2.6. Газовая пружина

Конструкцией данной пружины, является гидропневматическое регулируемое изделие, составными частями пружины являются напорная трубка и шток с поршневым пакетом. Газовые пружины компании SUSPA имеют специальный поршневой пакет и уплотняющий пакет. Это обеспечивает герметичность конструкции и низкое трение даже при использовании в экстремальных условиях окружающей среды. Пружина газом азотом под большим давлением. Благодаря этому, создается наполненное давление, которое воздействует на поршень. При этом появляется сила сопротивления. В случае, когда сила газовой пружины превышает силы сопротивления, шток перемещается, при меньшей силе пружина сжимается. Пакет поршневого штока является определяющим для скорости выдвижения штока.

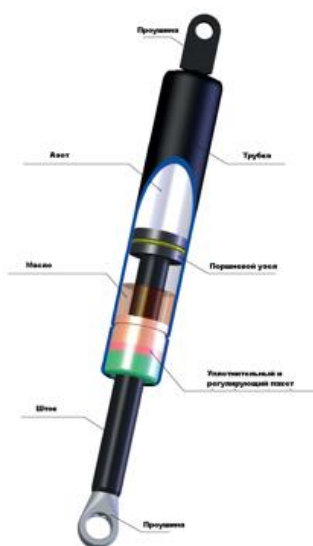


Рисунок 8— Газовая пружина

При выборе газовых пружин необходимо учитывать следующее:

- Соотношение диаметра штока и напорной трубки определяет усилие, на которое рассчитана газовая пружина. Обычные характеристики пружин: маленький диаметр штока и большое поперечное сечение напорной трубки.
- При большем ходе штока требуется меньшее усилие газовой пружины и, как результат, меньшая сила сопротивления в соединяющихся частях.
- При очень большом ходе штока и большой силе сопротивления необходим большой диаметр штока. Такое соотношение обеспечивает защиту от прогибания газовой пружины. Таким образом можно избежать эффекта действия поперечных сил.

### 1.2.7 Эластомерные пружины

Характеризуют долговечность, прекрасная устойчивость к воздействию масел, сохранение пружинных характеристик после длительной эксплуатации и высокие показатели относительного удлинения при разрыве и многое другое. При использовании эластомерных пружин полностью исключается возможность повреждения технологической оснастки или остановки техпроцесса по причине заклинивания или поломки пружины, как это случается при использовании традиционных стальных пружин. Одним из достоинств эластомерной пружины является ее амортизация и демпфирование, благодаря этому обеспечивается снижение и повышает качество конечной продукции.



Рисунок 9 – Эластомерная пружина

Некоторые особенности, которыми обладает данная пружина:

- высокая маслостойкость;
- выдерживают экстремальные;
- сравнении с другими пружинами, не требуют особого ухода;
- демпфируют ударные нагрузки.

Пружины URELAST 90 Шор при макс. динамическом сжатии 30% выдерживают не менее 2 млн. нагрузочных циклов, а при меньшем сжатии - значительно больше. Работа в экстремальных условиях увеличивает усадку, но поломка или блокировка пружины исключены.

Подборка эластомерных пружин, осуществляется по нескольким критериям:

1. Искомые параметры
2. Макс.ход пружины
3. Усадка
4. Усилие
5. Макс.частота хода
6. Установочное место

Для предотвращения избыточных колебаний и нежелательных биений, будет использоваться эластомерные пластины. По сравнению с традиционными материалами, имеют меньшую толщину для решения аналогичных задач.

Практическая несжимаемость эластомерной пластины упрощает расчеты виброзащитной конструкции при проектировании и гарантирует неизменность формы в течении всего периода использования.

Расчетный период эксплуатации вибродемпфирующих пластин превышает 50 лет, т.е. сопоставим с длительностью жизненного цикла оборудования. Срок эксплуатации более, чем втрое превышает аналогичные показатели для традиционных материалов виброзащиты.

Осевая рабочая нагрузка для вибродемпфирующих пластин достигает 700 тонн/м<sup>2</sup>, что почти в 10 раз выше показателей конкурирующих материалов.

Эластомерные вибродемпфирующие пластины Nowelle® выпускаются в соответствии с ТУ 2534-001-32461352-2015.

В случае, использования оптимального промежуточного формователя, можно продлить время, при котором происходит взаимодействие поршня-бойка и наголовника, что увеличивает влияние удара.

## 2. Схема ударного механизма с упругим промежуточным элементом

Проведенный в предыдущей главе литературный обзор показал, что применение пневмогидравлических ударных механизмов широко распространено во многих сферах деятельности, и проведен анализ существующих упругих промежуточных элементов, которые можно использовать в конструкции ударного механизма с упругим промежуточным элементом.

В данной главе приводится конструктивная схема ударного механизма с упругим промежуточным элементом. Проведен подробный анализ основных частей ударного механизма.

### 2.1 Схема пневмогидравлического ударного механизма с упругим промежуточным элементом

На данном рисунке 10 представлен эскиз ударного механизма с упругим промежуточным элементом (формирователем), конструкция которого представляет собой поршень - боёк с крышкой 1, промежуточный упругий элемент 2, промежуточного бойка 3, наголовника 4 и корпуса 5. Главной особенностью ударного механизма является использование в его конструкции упругого промежуточного элемента 2 (см. рис.2.1), при использовании упругого промежуточного элемента, время контакта между поршнем-бойком 1 и наголовником 2 возрастает, в связи с этим, возрастает и время контакта между наголовником 2 и промежуточным бойком 3.

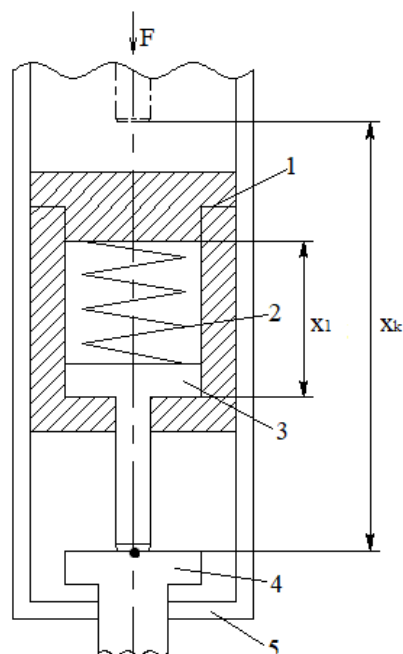


Рисунок 10—Эскиз формирователя с упругим промежуточным элементом (формирователем): 1-поршень-бойк; 2-промежуточный упругий элемент (формирователь); 3-промежуточный бойк; 4-наголовник; 5- корпус,  $x_1$ -от начальной точки до точки контакта,  $x_k$ -расстояние до точки контакта

Далее представлена принципиальная схема пневмогидравлического механизма с упругим промежуточным механизмом. Пневмогидравлического ударного механизма с упругим промежуточным элементом состоит из газовой полости 15, внутри которой газ и жидкость разделены мембраной [20,14]. Внутри корпуса 1 расположен двухступенчатый поршень-боек 2, в цилиндрической расточке которого расположен формирователь 16, содержащий полость 3, в которой находится упругий элемент, а также промежуточный боек 4.

При разгоне в результате действующей силы, поршень-бойк, промежуточный боек, и наголовником двигаются с одинаковой скоростью. Удар начинается, с того момента, когда, легкий элемент 3 при столкновении с препятствием с элементом 4 останавливается, а более тяжелый элемент 1, который продолжает двигаться в результате чего, сжимает пружину, тем самым увеличивая время воздействия бойка на инструмент, и соответственно на среду.

За счет упругого элемента поршень-бойк не только остановится, но и будет двигаться назад. Но удар будет продолжаться до того момента, пока не разорвется контакт между элементами промежуточным бойком 3 и наголовником 4.

На этапе возврата подключаются привода (гидравлический, пневматический), благодаря которым возводятся поршень-боёк и промежуточный боёк вместе с упругим элементом, или вручную. Если, масса поршня бойка 1 будет маленькой, а жесткость пружины будет больше оказываемого воздействия на нее, то поршень-боёк отскочит и упругий элемент не будет задействован. После удара в результате ударного импульса поршень-боек начинает возвращается до исходного положения упругого элемента.

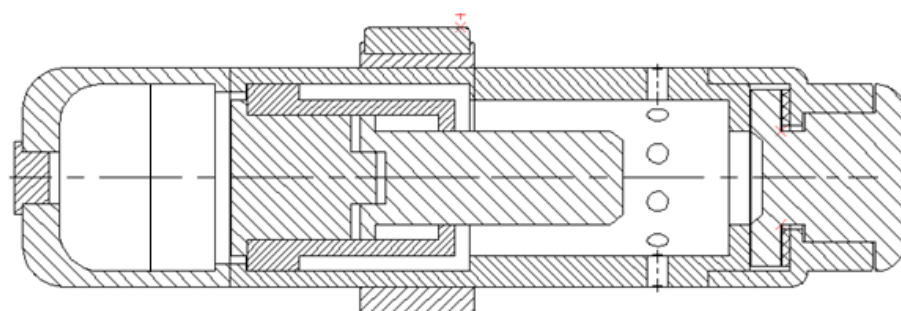


Рисунок 11– Принципиальная схема пневмогидравлического ударного механизма:

1 — корпус; 2 — поршень-боёк; 3 — полость формирователя; 4 — промежуточный боёк; 5 — буферная полость; 6 и 7 — напорный и сливной аккумуляторы; 8 — промежуточный элемент; 9 — наголовник; 10 — нагрузка; 11 — гидравлическая полость; 12 — ограничитель; 13 — газовая полость; 13 — формирователь.

Таким образом, работу пневмогидравлического ударного механизма можно разделить на следующие основные элементы и связанные с ними динамические процессы: газовая полость, которая позволяет аккумулировать энергию для ускорения поршня-молотка; фрезерный станок, в котором создается ударный импульс; формирование потерь при ускорении и отдаче ударного поршня.

## 2.2. Параметры формирователя ударного импульса

Ударный импульс начинает формироваться, когда плунжер начинает двигаться под действием силы, сжимает упругий промежуточный элемент, промежуточный ударник останавливается и сталкивается с испытываемым материалом, а ударник поршня продолжает двигаться и замедляться. Давление в полости первого повышается, которое действует на торец промежуточного пуансона, а

сила ударного импульса и на торец поршневого пуансона формирует силу реакции нагрузки, величина которой соответствует силе ударного импульса, но направление которой противоположно.

Действие силы ударного импульса в формирователе прекращается когда поршень-боек, двигаясь в начальное положение пересекает координату  $x_{10}$ , тогда промежуточный боек перестает касаться наголовника, и совместно с поршнем-бойком начинают двигаться в начальное положение.

Рассмотрим подробно процесс формирования ударного импульса с упругой характеристикой в полости формирователя и возможные конструктивные исполнения для каждого случая.

Ударный импульс начинает формироваться, когда плунжер начинает двигаться под действием силы, сжимает упругий промежуточный элемент, промежуточный ударник останавливается и сталкивается с испытываемым материалом, а ударник поршня продолжает двигаться и замедляться. Давление в полости первого повышается, которое действует на торец промежуточного пуансона, а сила ударного импульса и на торец поршневого пуансона формирует силу реакции нагрузки, величина которой соответствует силе ударного импульса, но направление которой противоположно.



### 3. Моделирование ударного механизма с упругим промежуточным элементом

#### 3.1. Расчетная часть

В данной части составляется расчетная схема, которая описывает конструкцию ударного механизма. Все элементы, которые входят в конструкции установки будут обозначены в расчетной схеме.

Основными требованиями, которыми должен обладать ударный механизм [37,32,2]:

- Ударный механизм должен совершать удары нескольких видов: одиночные и циклические;
- Энергоемкость должна быть максимальной;
- При нанесении удара, должно увеличиваться время взаимодействия между промежуточным бойком и наголовником;
- Должна быть принята подходящая форма ударного импульса;
- Коэффициент полезного действия ударного механизма должно быть максимальным.

В конструкции данного механизма чтобы осуществить разгон, можно использовать пневматический и гидравлический привод, сила от использования привода обозначается силой  $F_0$ , (рис. 12).

$$F_0 = F_{h1} + F_{m1+m2} \quad (1),$$

где  $F_0$  – сила действующая на механизм (полученная различными приводами),  $F_{h1}$  – вязкое трение, которое происходит между корпусом 5 и поверхностью поршня-бойка 1,  $F_{m1+m2}$  – сила инерции, определяется суммой масс  $m_1$  и  $m_2$ .

При использовании приводов, выделяется сила, благодаря которой поршень-бойк 1 массой  $m_1$  и промежуточный бойк 2 массой  $m_2$  разгоняются и движутся с одинаковой скоростью.

$$F_m = (m_1 + m_2) * a_1 \quad (2),$$

где  $F_{m1+m2}$  – сила инерции, определяется суммой масс  $m_1$  и  $m_2$ ,  $m_1$  – масса первого тела (поршня бойка),  $m_2$  масса второго тела (промежуточного бойка),  $a_1$  – ускорение тел  $m_1$  поршня бойка и  $m_2$  промежуточного бойка.

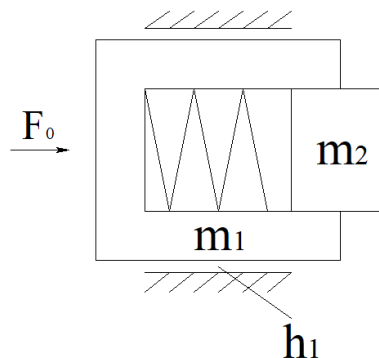


Рисунок 12– Расчетная схема ударного механизма с промежуточным упругим элементом при разгоне

В тот момент, когда поршень- бойк начинает движение, происходит вязкое трение  $F_{h1}$  между корпусом 5 и поверхностью поршня-бойка 1 (см. рис.12).

$$F_{h1} = h_1 + V_1 \quad (3),$$

где  $F_{h1}$  – вязкое трение,  $h_1$  – коэффициент вязкого трения,  $V_1$  – скорость движения поршня-бойка 1 и промежуточного бойка 2.

В данном случае, потери  $F_{h1}$  характеризуются коэффициентом вязкого трения  $h_1$ , который зависит от различных геометрических отклонений (соосности, цилиндричности, конусности, площади контакта). Так же коэффициент вязкого трения зависит от величины зазора, шероховатости поверхности и используемой смазки. И рассчитывается по формуле [4]:

$$h_1 = \left( \frac{S_1}{\mu * f_{op}} \right) * \frac{\rho * S_1}{2} \quad (4),$$

Где  $S_l$  — площадь контакта поршня-бойка и корпуса;  $\mu$  — коэффициент расхода;  $f_{op}$  — площадь проходного сечения дросселирующей щели;  $\rho$  — плотность жидкости.

Уравнение, по которому можно рассчитать движение поршня-бойка 1 и промежуточного бойка 2 представлено ниже:

$$F_0 = h_1 * V_1 + (m_1 + m_2) * a_1 \quad (5),$$

где  $F_0$  ( $F > 0$ ) — сила действующая на механизм, которую можно получить, используя либо гидравлический привод, либо пневматический привод,  $h_1$  — коэффициент вязкого трения,  $V_1$  — скорость движения поршня-бойка 1 и промежуточного бойка 2,  $m_1$  — масса первого тела (поршня бойка),  $m_2$  — масса второго тела (промежуточного бойка),  $a_1$  — ускорение тел  $m_1$  (поршня бойка) и тела  $m_2$  (промежуточного бойка).

Из приведенного выше уравнения, выражаем ускорение:

$$a_1 = \frac{F_0 - h_1 * V_1}{m_1 + m_2} \quad (6).$$

Во время разгона поршень-боек 1 и промежуточный боек 2 движутся с одинаковой скоростью  $V_1$  и ускорением  $a_1$ , до момента, когда промежуточный боек 2 сталкивается с наголовником 4 в координате  $x_{конт.}$  (рис. 2.1).

В результате чего, происходит сжатие пружины 3 и появляется  $F_c$  — сила упругости, которая определяется жесткостью  $c$ , умноженной на перемещение поршня  $x_1$  после столкновения ( $x_{конт.}$ ).

$$F_c = c_1 * (x_1 - x_{конт.}) \quad (7).$$

Удар начинает происходить с момента контакта поршня-бойка и наголовника, в результате чего, пружина сжимается, поршень-боек останавливается и под действием силы  $F_c$  поршень-боек меняет направление, при этом контакт поршня-бойка и наголовника продолжается до полного восстановления упругого

элемента (формирователя). Удар осуществляется в тот момент, когда перемещение поршня-бойка в интервале от  $x_{\text{конт}}$  до  $x_{\text{пруж}}$ .

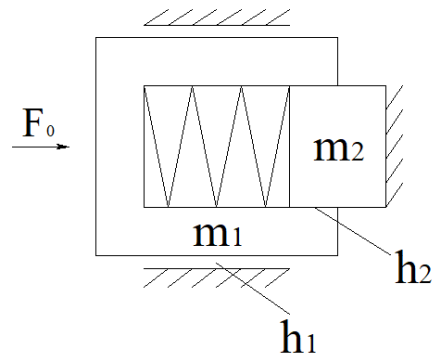


Рисунок 13– Момент удара поршня-бойка и промежуточного бойка

Удар осуществляется в тот момент, когда промежуточный боек 2 массой  $m_2$  останавливается при столкновении с наголовником 4, а поршень-боек  $m_1$  продолжает двигаться (см. рис.3), в результате чего движущая масса будет равняться  $m_1$ ,

$$F_m = m_1 * a_1 \quad (8),$$

где  $m_1$  –масса поршня-бойка,  $a_1$  – ускорение тел  $m_1$  (поршня бойка).

Трение в данном случае увеличивается, так как возникает дополнительное трение  $F_{h2}$  между поршнем-бойком 1 и промежуточным бойком 2:

$$F_{h2} = (h_1 + h_2) * V_1 \quad (9),$$

где  $F_{h2}$  – сила трения между поршнем-бойком 1 и промежуточным бойком 2,  $h_1$  – коэффициент трения между поршнем-бойком 1 и корпусом 5,

$h_2$  –коэффициент трения между поршнем-бойком 1 и промежуточным бойком 2,  $V_1$ – скорость движения поршня-бойка 1 и промежуточного бойка 2.

Которое так же можно охарактеризовать коэффициентом  $h_2$ , который можно рассчитать по формуле:

$$h_2 = \left( \frac{S_2}{\mu * f_{\partial p}} \right) * \frac{\rho * S_2}{2} \quad (10).$$

где  $S_2$  — площадь контакта поршня-бойка и промежуточного бойка;  $\delta_2$  — зазор между поршнем-бойком и промежуточным бойком.

Таким образом наше уравнение будет выглядеть:

$$F_0 = (h_1 + h_2) * V_1 + c * (x_1 - x_{\text{конт}}) + m_1 * a_1 \quad (11),$$

где  $F_0$  ( $F=0$ )— сила действующая на механизм, которую можно получить при применении гидравлического привода, либо применением пневматического привода,  $h_1$  - коэффициент вязкого трения между поршнем-бойком 1 и корпусом 5,  $h_2$  — коэффициент вязкого трения между поршнем-бойком 1 и промежуточным бойком 2,  $V_1$  — скорость движения поршня-бойка 1 и промежуточного бойка 2,  $m_1$ — масса первого тела (поршня бойка)  $a_1$  — ускорение тел  $m_1$  (поршня бойка) и тела  $m_2$  (промежуточного бойка).

Из получившегося выше уравнений, находим ускорение:

$$a_2 = \frac{F_0 - (h_1 + h_2) * V_1 + c_1 * (x_1 - x_{\text{конт}})}{m_1} \quad (12).$$

На этапе возврата подключаются привода (гидравлический, пневматический), с применением которых возводятся поршень-боёк 1 и промежуточный боёк 1 вместе с упругим элементом, и эта сила  $F_0$  характеризуется (рис.14).

$$F_0 = F_{h1} + F_{m1+m2} \quad (13),$$

где  $F_0$  ( $F<0$ )— сила, действующая на механизм (получаемая использованием гидравлического или пневматического привода),  $F_{h1}$ — вязкое трение, между корпусом 5 и поверхностью поршня-бойка 1,  $F_{m1+m2}$ —сила инерции, определяется суммой масс  $m_1$  и  $m_2$ .

Если мы возьмем небольшую массу поршня ударника 1 и жесткость пружины превысит усилие, действующее на него, поршень ударника подпрыгнет, а упругий элемент не вступит в действие. После удара в результате ударного импульса поршень-боёк начинает возвращаться в исходное положение упругого элемента.

Под действием этой силы, поршень-боёк 1 массой  $m_1$  и промежуточный

бойк 2 массой  $m_2$  разгоняются и движутся с одинаковой скоростью.

$$F_m = (m_1 + m_2) * a_1 \quad (14),$$

где  $F_m$  - сила инерции, она определяется суммой масс  $m_1$  и  $m_2$ ,  $m_1$  - масса первого тела (поршень ударника),  $m_2$  - масса второго тела (промежуточный ударник),  $a_1$  - ускорение корпусов  $m_1$  поршня бойка и  $m_2$  промежуточного бойка.

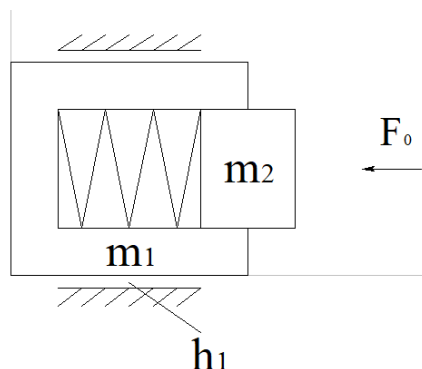


Рисунок 14 – Расчетная схема ударного механизма с промежуточным упругим элементом при возврате

Вовремя движения происходит вязкое трение  $F_{h1}$  между корпусом 5 и поверхностью поршня-бойка 1 (см. рис.14).

$$F_{h1} = h_1 + V_1 \quad (15),$$

где  $F_{h1}$  – вязкое трение,  $h_1$  - коэффициент вязкого трения,  $V_1$  – скорость движения поршня-бойка 1 и промежуточного бойка 2.

В свою очередь, потери  $F_{h1}$  характеризуются коэффициентом вязкого трения  $h_1$ , который зависит от различных геометрических отклонений (выравнивание, цилиндрическая форма, конусность, площадь контакта), размера зазора, шероховатости поверхности и используемого смазочного материала. И рассчитывается по формуле [4]:

$$h_1 = \left( \frac{S_1}{\mu * f_{dp}} \right) * \frac{\rho * S_1}{2} \quad (16),$$

Где  $S_1$  — площадь контакта поршня-бойка и корпуса;  $\mu$  —коэффициент расхода;  $f_{dp}$  — площадь проходного сечения дросселирующей щели;  $\rho$  — плотность жидкости.

Движение поршня-бойка 1 и промежуточного бойка 2 можно представить в виде уравнения:

$$F_0 = h_1 * V_1 + (m_1 + m_2) * a_1 \quad (17),$$

где  $F_0$  – сила действующая на механизм (полученная различными приводами),  $h_1$  - коэффициент вязкого трения,  $V_1$  – скорость движения поршня-бойка 1 и промежуточного бойка 2,  $m_1$  – масса первого тела (поршня бойка),  $m_2$  – масса второго тела (промежуточного бойка),  $a_1$  – ускорение тел  $m_1$  (поршня бойка) и тела  $m_2$  (промежуточного бойка).

В результате, из получившегося уравнения выше, выражаем ускорение:

$$a_3 = \frac{F_0 - h_1 * V_1}{m_1 + m_2} \quad (18).$$

В результате, составим систему дифференциальных уравнений данной системы, которая будет иметь вид:

$$\begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = v_1 \\ \frac{dv_1}{dt} = \frac{F_0 - h_1 * V_1}{m_1 + m_2}, 0 < x_{\text{конт}} < x_1, v > 0; \\ \frac{dx_2}{dt} = v_2 \\ \frac{dx_2}{dt} = \frac{F_0 - (h_1 + h_2) * V_1 + c_1 * (x_1 - x_{\text{конт}})}{m_2}, x_{\text{конт}} < x_1 (x_{\text{конт}} + x_{\text{пруж}}), v > 0; \\ \frac{dx_3}{dt} = v_3 \\ \frac{dv_3}{dt} = \frac{F_0 - h_1 * V_1}{m_1 + m_2}, x > 0, v > 0. \end{cases} \quad (19).$$

### 3.2 Расчет пружин

Для определения упругого элемента (формирователя), произведем расчет коэффициентов жесткости трех различных пружин, далее поменяем массы поршня – бойка и промежуточного бойка, так как именно данные параметры будут влиять на устойчивость данной ударной системы и формирование импульса.

#### 3.2.1 Расчет Винтовой пружины.

Произведем расчет коэффициента жесткости винтовой пружины, для этого

подберем оптимально подходящую по параметрам пружину для расчета .

Выбираем подходящую по размерам пружину необходимого диаметра и параметры расчетной пружины.

Воспользуемся формулой расчета коэффициента жесткости:

$$c_1 = \frac{G \cdot d^4}{8 \cdot D^3 \cdot n} = \frac{7,85 \cdot 10^4 \cdot 18^4}{8 \cdot 50^3 \cdot 2} = 2060 \frac{H}{м} \quad (20),$$

где  $G$  - модуль сдвига, Мпа,  $D$  – наружный диаметр пружины, мм,  $d$ -внутренний диаметр пружины, мм,  $n$ -количество витков пружины.

Далее вносим полученные данные в программное обеспечение MatLab, и получаем графики работы ударного механизма с использованием винтовой пружины.

### 3.2.2 Расчет тарельчатой пружины.

Для расчета тарельчатой пружины для этого подберем оптимально подходящую по параметрам пружину для расчета [35,33].

Подбираем тарельчатую пружину с необходимыми нам параметрами и размерами и делаем расчет по форму:

$$c_2 = \frac{4 \cdot E}{1 - \mu} \cdot \frac{S_3^3}{Y \cdot D_1^2} \left[ \left( \frac{S_3}{t} \right)^2 - 3 \cdot \frac{S_3}{t} \cdot \frac{S}{t} + \frac{3}{2} \cdot \left( \frac{S}{t} \right)^2 + 1 \right] = \quad (21),$$

$$\frac{4 \cdot 2,06 \cdot 10^5}{1 - 0,3^2} \cdot \frac{1,5^3}{0,636 \cdot 50^2} \left[ 0,8^2 - 3 \cdot 0,8 \cdot \frac{0,3}{1,8} + \frac{3}{2} \cdot \left( \frac{0,3}{1,8} \right)^2 + 1 \right] = 1107 \frac{H}{м}$$

где  $D_1$ - наружный диаметр пружины мм,  $s_3/t$ -“сила деформация”,  $E$ -модуль упругости Н/мм<sup>2</sup>,  $\mu$  - коэффициент Пуассона,  $S_3$ -максимальная деформация пружины, мм.

### 3.2.3 Расчет эластомерной пружины

Для эластомерной пружины, мы берем подходящие нам оптимальные параметры для проведения моделирования из справочного материала [38,36,23,34]:

$$c_3 = 1000 \frac{H}{м}.$$



### 3.2.4 Расчет в MatLab

Для исследования системы на устойчивость, принимает несколько масс для поршня-бойка и промежуточного бойка, чтобы проанализировать как на систему повлияет изменение масс:

$m_1=30$  кг;

$m_2=15$  кг;

$m_1=60$  кг;

$m_2=30$  кг;

$m_1=80$  кг;

$m_2=40$  кг.

Задаем системы дифференциальные уравнения в среде MatLab как показано в приложение А. Решаем данные уравнения в среде MatLab с помощью составленной программы, получаем результаты расчетов пружин представленных в таблице 1[15,16,17].

Результаты, представленные в таблице 1, показывают: 1- начало удара, в этот момент взаимодействие поршня-бойка и инструмента; 2- поршень-боёк попадает в зону действия буфера; 3-остановка поршня-бойка; 4 – начало движения поршня-бойка в обратную сторону; 5 – контакт разорван.

Таблица 2 – Результаты расчета пружин

	$m_1=30 \text{ кг}, m_2=15 \text{ кг}$	$m_1=60 \text{ кг}, m_2=30 \text{ кг}$	$m_1=80 \text{ кг}, m_2=40 \text{ кг}$
$C_1=2060 \text{ Н/м};$			
$C_2=1107 \text{ Н/м};$			
$C_3=1000 \text{ Н/м}$			

## 4. Результаты проведенного исследования

### 4.1 Результаты математического моделирования

Рассматривая результаты моделирования, можно сделать вывод, что оптимально подходящим по параметрам и по выдерживаемым нагрузкам, является упругий промежуточный элемент (формирователь) – эластомерная пружина. Если мы будем сравнивать ударную системы, с использованием упругого промежуточного формирователя и без него, то одной из отличительных черт, было бы то, что механизм без упругого элемента остановился бы на позиции 4, а удар прекратился бы на позиции 3(см.рис.). В отличии от механизма, в котором используется упругий формирователь, механизм продолжает движение, что может доказывать, что его использование упругого формирователя, увеличивает время контакта между поршнем-бойком и инструментом.

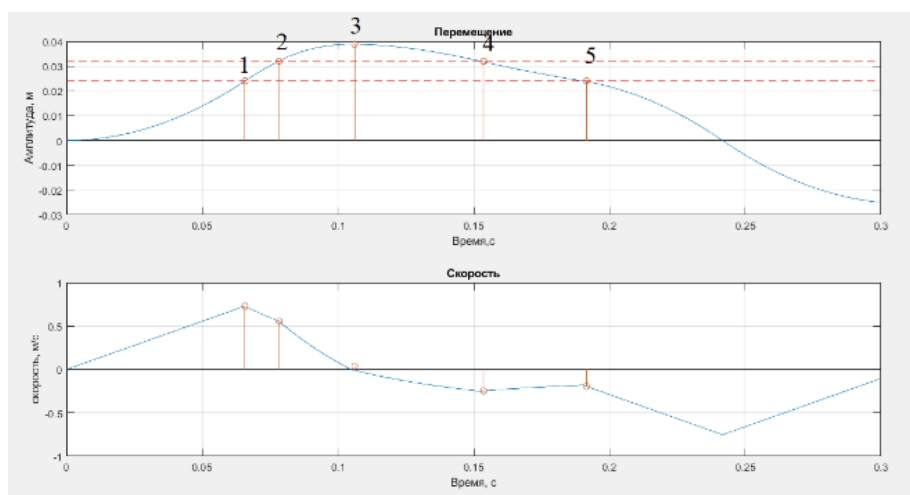


Рисунок15– Ударный механизм с упругим промежуточным формирователем

## 5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Целью раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» является определение перспективности и успешности НИ, разработка механизма управления и сопровождения конкретных проектных решений на этапе реализации.

Достижение цели обеспечивается решением задач:

1. Дать оценку коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.
2. Планировать научно-исследовательских работ.
3. Выполнить расчет бюджета научно-исследовательской работы.
4. Определить ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной эффективности исследования.

Цель данной ВКР – это исследование ударного механизма с упругим промежуточным элементом, благодаря которому, воздействие контакта инструмента с обрабатываемой средой увеличивается, тем самым увеличивается эффективность ударного механизма.

## 5.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований

### 5.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

В настоящее время большое распространение получили ударные механизмы. Данные устройства находят свое применение в различных сферах деятельности, для бурения скважин в горных породах и грунтах, для удаления старого дорожного покрытия, а также забивки свай и утрамбовки грунта.

Потенциальными потребителями результатов исследования являются коммерческие организации, в которых ведётся производство различных ударных устройств и механизмов.

В таблице 3 приведены основные сегменты рынка, которые могут быть заинтересованы в приобретении данной технологии, по следующим критериям: тип серийности производства и сферы применения ГАР.

Таблица 3 – Карта сегментирования рынка

		Машино-строение	Горная промышленность	Жилищное и промышленное строительство	Металлургическая промышленность	Инструментальное производство	Дорожное строительство
Тип производства	Крупные	+	+	+	+	+	+
	Средние	+	+	+	+	+	+
	Мелкие	-	+	+	-	-	+

### 5.1.2 Анализ конкурентных технических решений

Анализ конкурирующих разработок, существующих на рынке, необходимо проводить систематически, поскольку рынки пребывают в постоянном движении. Такой анализ помогает вносить коррективы в научное исследование, чтобы успешнее противостоять своим соперникам.

В ходе исследования были рассмотрены две конкурирующие разработки использования пружин из разного материала:

- 1) Тарельчатая пружина из стали;
- 2) Эластомерной пружины .

Детальный анализ необходим, т.к. каждый тип пружин имеет свои достоинства и недостатки. В таблице 4 показано сравнение разработок-конкурентов и разработки данного НИ с точки зрения технических и экономических критериев оценки эффективности.

Расчет конкурентоспособности, на примере стабильности срабатывания, определяется по формуле:

$$K = \sum B_i \cdot B_{(22)},$$

где  $K$  – конкурентоспособность проекта;  $B_i$  – вес показателя (в долях единицы);  $B_i$  – балл показателя.

Таблица 4 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		$B_{\phi}$	$B_{k1}$	$B_{k2}$	$K_{\phi}$	$K_{k1}$	$K_{k2}$
1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Технические критерии оценки ресурсоэффективности</b>							
1. Актуальность исследования	0,15	5	4	4	0,75	0,6	0,6
2. Ударопрочность	0,18	4	4	4	0,4	0,4	0,4
3. Энергоэкономичность	0,1	5	4	4	0,5	0,4	0,4
4. Надежность	0,14	5	5	5	0,35	0,35	0,35

5. Уровень вибрации	0,13	4	5	5	0,2	0,25	0,25
6. Безопасность	0,15	5	4	4	0,75	0,6	0,6
7. Износостойкость	0,05	5	4	4	0,25	0,2	0,2
9. Простота эксплуатации	0,1	5	4	4	0,5	0,4	0,4
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Конкурентоспособность продукта	0,05	5	4	4	0,25	0,2	0,2
2. Уровень проникновения на рынок	0,1	5	5	5	0,4	0,5	0,7
3. Цена	0,1	4	5	4	0,5	0,5	0,3
4. Предполагаемый срок эксплуатации	0,1	9	10	10	1	1	1
6. Финансирование научной разработки	0,03	5	5	5	0,17	0,15	0,15
7. Срок выхода на рынок	0,04	5	5	4	0,13	0,16	0,16
Итого	1	33	34	32	1,5	1,46	1,41

### 5.1.3 SWOT – анализ

SWOT-анализ – представляет собой комплексный анализ научно- исследовательского проекта. Такой метод применяют для исследования внутренней и внешней среды проекта. Первый этап заключается в описании сильных и слабых сторон, возможностей и угроз для реализации проекта (таблица 5).

Таблица 5 – Матрица SWOT

Внутренняя среда	<b>Сильные стороны:</b>	<b>Слабые стороны:</b>
	С1. Снижение себестоимость. С2. Экологичность технологии. С3. Востребованность рынка в данном оборудовании С4. Широкая область применения технологии.	Сл1. Угроза со стороны крупных компаний. Сл2. Небольшое количество материалов для соответствующих научных исследований. Сл3. Слабая маркетинговая политика. Сл4. Отсутствие прототипа научной разработки.
Внутренняя среда	<b>Возможности:</b>	<b>Угрозы:</b>
	В1. Использование оборудования ИНШПТ ТПУ В2. Возможность быстрого роста и развития. В3. Появление дополнительного спроса на новый продукт.	У1. Увеличение конкуренции. У2. Появление зарубежных аналогов.

Второй этап состоит в выявлении соответствия сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды. В рамках данного этапа необходимо построить интерактивные матрицы проекта (таблицы 6,7,8,9).

Таблица 6 – Интерактивная матрица проекта для сильных сторон и возможностей

Возможности проекта		C1	C2	C3	C4
	B1	+	+	0	+
	B2	+	+	0	-
	B3	+	0	+	0

Таблица 7 – Интерактивная матрица проекта для слабых сторон и возможностей

Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4
	B1	0	+	0	0
	B2	+	-	+	+
	B3	+	-	0	-

Таблица 8 – Интерактивная матрица проекта для сильных сторон и угроз

Угрозы		C1	C2	C3	C4
	У1	+	+	0	+
	У2	-	+	+	0

Таблица 9 – Интерактивная матрица проекта для слабых сторон и угроз

Угрозы		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4
	У1	+	+	+	+
	У2	0	+	-	+

На третьем этапе составлена итоговая матрица SWOT-анализа (таблица 8).

Таблица 10 – Итоговая таблица SWOT-анализа



	<p>Сильные стороны:</p> <p>С1. Снижение себестоимости.</p> <p>С2. Экологичность технологии.</p> <p>С3. Востребованность рынка в данном оборудовании</p> <p>С4. Широкая область применения технологии.</p>	<p>Слабые стороны:</p> <p>Сл1. Угроза со стороны крупных компаний.</p> <p>Сл2. Небольшое количество материалов для соответствующих научных исследований.</p> <p>Сл3. Слабая маркетинговая политика.</p> <p>Сл4. Отсутствие прототипа научной разработки.</p>
<p>Возможности:</p> <p>В1. Использование оборудования ИНШПТ ТПУ</p> <p>В2. Возможность быстрого роста и развития.</p> <p>В3. Появление дополнительного спроса на новый продукт.</p>	<p>Также стремительное развитие проекта может быть достигнуто благодаря, востребованности больших компаний и широкой сфере спроса данной технологии.</p>	<p>Использование инновационной инфраструктуры ТПУ, снизит затраты на необходимое оборудование при исследовании.</p>
<p>Угрозы:</p> <p>У1. Увеличение конкуренции.</p> <p>У2. Появление зарубежных аналогов.</p>	<p>Снижение себестоимости, может стать фактором, который повысит спрос, и что привлечет новых клиентов, и избавит от угрозы конкуренции.</p> <p>Востребованность рынка в данном оборудовании может привести к большому количеству заказов и компенсировать недостаток финансирования проекта.</p>	<p>Слабая маркетинговая политика, угроза со стороны крупных зарубежных компаний, может повлечь за собой снижение спроса на разработку и как следствие приведет к нестабильному финансированию.</p>

#### 5.1.4 Оценка готовности проекта к коммерциализации

Для оценки готовности проекта к коммерциализации, необходимо заполнить специальную форму, содержащую показатели о степени проработанности проекта с позиции коммерциализации и компетенциям разработчика научного проекта. Перечень вопросов приведен в табл. 11.

Таблица 11 – Бланк оценки степени готовности научного проекта к коммерциализации

№ п/п	Наименование	Степень проработанности научного проекта	Уровень имеющихся знаний у разработчика
1.	Определен имеющийся научно-технический задел	5	5
2.	Определены перспективные направления коммерциализации научно-технического задела	4	4
3.	Определены отрасли и технологии (товары, услуги) для предложения на рынке	5	4
4.	Определена товарная форма научно-технического задела для представления на рынок	4	4
5.	Определены авторы и осуществлена охрана их прав	4	4
6.	Проведена оценка стоимости интеллектуальной собственности	4	4
7.	Проведены маркетинговые исследования рынков сбыта	4	4
8.	Разработан бизнес-план коммерциализации научной разработки	3	5
9.	Определены пути продвижения научной разработки на рынок	5	4
10.	Разработана стратегия (форма) реализации научной разработки	4	4
11.	Проработаны вопросы международного сотрудничества и выхода на зарубежный рынок	3	3
12.	Проработаны вопросы использования услуг инфраструктуры поддержки, получения льгот	4	4
13.	Проработаны вопросы финансирования коммерциализации научной разработки	3	3
14.	Имеется команда для коммерциализации научной разработки	3	3
15.	Проработан механизм реализации научного проекта	4	4
	<b>ИТОГО БАЛЛОВ</b>	<b>59</b>	<b>59</b>

При проведении анализа по таблице, приведенной выше, по каждому показателю составляем оценку по пятибалльной шкале. При этом система измерения по каждому направлению (степень проработанности научного проекта, уровень имеющихся знаний у разработчика) отличается. При оценке степени проработанности научного проекта:

- 1 балл означает не проработанность проекта,
- 2 балла – слабую проработанность,
- 3 балла – выполнено, но в качестве не уверен,

4 балла – выполнено качественно,

5 баллов – имеется положительное заключение независимого эксперта.

Для оценки уровня имеющихся знаний у разработчика система баллов принимает следующий вид:

1 означает не знаком или мало знаю,

2 – в объеме теоретических знаний,

3 – знаю теорию и практические примеры применения,

4 – знаю теорию и самостоятельно выполняю,

5 – знаю теорию, выполняю и могу консультировать.

Оценка готовности научного проекта к коммерциализации (или уровень имеющихся знаний у разработчика) определяется по формуле:

$$B_{\text{сум}} = \sum B_i, \quad (23)$$

где  $B_{\text{сум}}$  – суммарное количество баллов по каждому направлению;

$B_i$  – балл по  $i$ -му показателю.

Значение  $B_{\text{сум}}$  позволяет говорить о мере готовности научной разработки и ее разработчика к коммерциализации. Перспективность данной разработки можно считать выше среднего так как  $B_{\text{сум}}$  получилось 59.

## 5.2 Планирование научно-исследовательских работ

### 5.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

Для выполнения данного научного исследования необходимо сформировать рабочую группу, в состав которой входят руководитель и исследователь. Для каждой из запланированных работ, необходимо выбрать исполнителя этой работы.

Разработанный список задач и производимых работ, в рамках проектирования, а также распределение исполнителей по этим работам, представлен в виде таблицы 12.

Таблица 12 – Список производимых задач и работ и их исполнители

Основные этапы	№ раб.	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель
Выбор направления исследований	2	Выбор направления исследований	Руководитель
	3	Подбор и изучение материалов по теме	Исследователь
	4	Календарное планирование работ по проекту	Руководитель
Составление обзор литературы и теоретическое исследование	5	Анализ конструкций известных ударных механизмов	Исследователь
	6	Анализ известных упругих элементов	
	7	Определение объект и методов исследования	Руководитель Исследователь
	8	Моделирование ударного механизма	Исследователь
Выполнение экспериментальной части	9	Проведение расчетов конструкции	Исследователь
	10	Подбор и расчет эластомерной пружины	Исследователь

	11	Проведение сравнительного эксперимента пружин разного вида	Исследователь
Подведение результатов НИ	13	Оценка правильности полученных результатов	Исследователь
Контроль и координация НИ	14	Контроль качества выполнения проекта и консультирование исполнителя	Руководитель
Разработка технической документации и проектирование НИ	15	Технико-экономические расчеты	Исследователь
	16	Оформление технической документации	Исследователь

### 5.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ и разработка графика проведения

Основная часть стоимости разработки проекта составляется из трудовых затрат, поэтому важно определить трудоемкость работ всех участников разработки проекта.

Для удобства построения диаграммы Ганта, которая представляет ленточный график работ, представленных отрезками во времени, необходимо перевести длительность каждого из этапов работ из рабочих дней в календарные дни. Для этого необходимо рассчитать коэффициент календарности для пятидневной рабочей недели (рабочая неделя исследователя) по следующей формуле:

$$k_{\text{кал.ис.}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} = \frac{366}{366 - 104 - 14} = 1,48(24),$$

где  $T_{\text{кал}}$  – количество календарных дней в году,  $T_{\text{вых}}$  – количество выходных дней в году,  $T_{\text{пр}}$  – количество праздничных дней в году.

Ниже приведен пример расчёта временных показателей проведения научного исследования для первого этапа работы, остальные выполняются аналогично. Для определения, ожидаемого (среднего) значения трудоёмкости  $t_{\text{ож}}$  используется следующая формула:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5} (25),$$

где  $t_{ожі}$  – ожидаемая трудоемкость выполнения  $i$ -ой работы чел.-дн.;  $t_{\min i}$  – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.;  $t_{\max i}$  – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн (так как исполнители работали одновременно, то минимально и максимально возможную, а также ожидаемую трудоёмкость учитываем общими для исполнителей).

На основании расчетов ожидаемой трудоемкости работ, необходимо определить продолжительность каждой работы в рабочих днях  $T_p$ :

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{C_i} (26),$$

Где  $C_i$  – количество исполнителей, одновременно выполняющих поставленную задачу, чел.

Длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни по формуле:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}} (27),$$

где,  $T_{ki}$  – продолжительность выполнения  $i$ -й работы в календарных днях;

$T_{pi}$  – продолжительность выполнения  $i$ -й работы в рабочих днях.

По полученные данные, коэффициенты и формулы в программе Excel выполняем расчеты для каждой работы. Все полученные значения в календарных днях округляются до целого числа, а затем сводятся в таблицу 13.

Таблица 13 – Временные показатели НИ

№ раб.	Трудоёмкость работ			Длительность работ в рабочих днях $T_{pi}$	Длительность работ в календарных днях $T_{ki}$
	$t_{\min}$ , чел-дни	$t_{\max}$ , чел-дни	$t_{ожі}$ , чел-дни		

	Руководитель	Исследователь	Руководитель	Исследователь	Руководитель	Исследователь	Руководитель	Исследователь	Руководитель	Исследователь
1	1	-	3	-	4,2	-	4,2	-	6	-
2	2	2	6	6	3,6	3,6	1,8	1,8	2	2
3	-	6	-	11	-	8	-	8	-	11
4	-	1	-	3	-	1,8	-	1,8	-	2
5	-	2	-	5	-	3,2	-	3,2	-	4
6	-	3	-	6	-	4,2	-	4,2	-	6
7	3	3	7	7	4,6	4,6	2,3	2,3	3	3
8	-	6	-	10	-	6,4	-	6,4	-	9
9	-	6	-	12	-	8,4	-	8,4	-	12
10	-	6	-	20	-	11,6	-	11,6	-	17
11	-	11	-	19	-	14,2	-	14,2	-	21
12	-	7	-	14	-	9,8	-	9,8	-	14
13	-	15	-	21	-	17,4	-	17,4	-	25
14	2	-	3	-	2,4	-	2,4	-	3	-
15	-	2	-	5	-	3,2	-	3,2	-	4
16	-	6	-	14	-	9,2	-	9,2	-	13
Итого:									14	143

На основе таблицы 13 построим план-график работ (диаграмма Ганта).  
Диаграмма Ганта строится по длительности исполнения работ в рамках НИ с разбивкой по месяцам и декадам (10 дней) за период времени выполнения.

Таблица 14 – Календарный план-график проведения НИ

№ раб .	Испол- нители	$T_{ki}$ , кал. дн.	Продолжительность выполнения работ																				
			ноябрь			декабрь			ян в.	февраль			март			апрель			май			июнь	
			1	2	3	1	2	3	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2
1	Рук.	6																					
2	Рук. / Ислед.	2/2																					
3	Ислед.	11																					
4	Ислед.	2																					
5	Ислед.	4																					
6	Ислед.	6																					
7	Рук. / Ислед.	3/3																					
8	Ислед.	9																					
9	Ислед.	12																					
10	Ислед.	17																					
11	Ислед.	21																					
12	Ислед.	14																					
13	Ислед.	25																					
14	Рук.	3																					
15	Ислед.	4																					
16	Ислед.	13																					



### 5.3 Бюджет научного исследования

При планировании бюджета научно-технического исследования учитывались все виды расходов, связанных с его выполнением. В этой работе использовать следующую группировку затрат по следующим статьям:

- материальные затраты научно-исследовательской работы (НИР);
- затраты на специальное оборудование для экспериментальных работ;
- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- накладные расходы НИР.

#### 5.3.1 Расчет материальных затрат

Данный пункт включает стоимость всех материалов, используемых при разработке проекта. В таблице 15 приведены материальные затраты, для проведения ряд экспериментов.

Таблица 15 – Сырье, материалы, комплектующие изделия и покупные полуфабрикаты

Наименование	Цена за единицу, руб.	Сумма, руб.
Комплект канцелярских принадлежностей	340	1020
Картридж для лазерного принтера	3490	3490
Итого:		4510

#### 5.3.2 Расчет амортизации специального оборудования

Расчёт амортизации производится на находящееся в использовании оборудование. В итоговую стоимость проекта входят отчисления на амортизацию за

время использования оборудования в статье накладных расходов.

Таблица 16 – Затраты на оборудование

№	Наименование оборудования	Кол-во, шт.	Срок полезного использования, лет	Цены единицы оборудования, тыс. руб.	Общая стоимость оборудования, тыс. руб.
1	ПЭВМ Acer	1	3	30	30
2	МФУ Brother DCP-7057R	1	3	12	12
<b>Итого:</b>					42 000 тыс. руб.

Расчет амортизации проводится следующим образом:

Норма амортизации:

$$H_A = \frac{1}{n} (28),$$

где  $n$  – срок полезного использования в количестве лет.

Амортизация:

$$A = \frac{H_A I}{12} \cdot m (29),$$

где  $I$  – итоговая сумма, тыс. руб.;  $m$  – время использования, мес.

Рассчитаем амортизацию для ПЭВМ Acer, с учётом, что срок полезного использования 3 лет:

$$H_A = \frac{1}{n} = \frac{1}{3} = 0,3 (30),$$

Рассчитаем амортизацию для МФУ Brother DCP-7057R, с учётом, что срок полезного использования 3 лет:

$$H_A = \frac{1}{n} = \frac{1}{3} = 0,3 (31),$$

Общую сумму амортизационных отчислений находим следующим образом:

ПЭВМ Acer:

$$A = \frac{H_A \cdot I}{12} \cdot m = \frac{0,3 \cdot 42000}{12} \cdot 4 = 4200 (32),$$

МФУ Brother DCP-7057R:

$$A = \frac{H_A \cdot I}{12} \cdot m = \frac{0,3 \cdot 42000}{12} \cdot 3 = 3150 (33).$$

Суммарные затраты амортизационных отчислений:

$$A=4200+3150=7350 \text{ (34).}$$

### 5.3.3 Расчет основной заработной платы

В данном разделе рассчитывается заработная плата инженера и руководителя, помимо этого необходимо рассчитать расходы по заработной плате, определяемые трудоемкостью проекта и действующей системой оклада.

Основная заработная плата  $З_{осн}$  одного работника рассчитывается по следующей формуле:

$$З_{осн} = З_{дн} \cdot T_p \text{ (35),}$$

где  $З_{дн}$  – среднедневная заработная плата, руб.;  $T_p$  – продолжительность работ, выполняемых работником, раб.дн. (табл. 8).

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

Для шестидневной рабочей недели (рабочая неделя руководителя):

$$З_{дн} = \frac{З_{м} \cdot M}{F_{д}} = \frac{51285 \cdot 10,3}{246} = 2147,3 \text{ руб.}, \text{ (36),}$$

где  $З_{м}$  – должностной оклад работника за месяц;  $F_{д}$  – действительный годовой фонд рабочего времени исполнителей, раб.дн. (табл. 17);  $M$  – количество месяцев работы без отпуска в течение года.

- при отпуске в 28 раб. дня –  $M = 11,2$  месяца, 5-дневная рабочая неделя;
- при отпуске в 56 раб. дней –  $M = 10,3$  месяца, 6-дневная рабочая неделя;

Для пятидневной рабочей недели (рабочая неделя инженера):

$$З_{дн} = \frac{З_{м} \cdot M}{F_{д}} = \frac{33150 \cdot 11,2}{214} = 1734,9 \text{ руб. (37).}$$

Должностной оклад работника за месяц:

Для руководителя:

$$З_{м} = З_{мс} \cdot (1 + k_{np} + k_{д}) k_p = 26300 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 51285 \text{ руб. (38).}$$

Для инженера (исследователя):

$$З_{м} = З_{мс} \cdot (1 + k_{np} + k_{д}) k_p = 17000 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 33150 \text{ руб. (39).}$$

где  $Z_{мс}$  – заработная плата, согласно тарифной ставке, руб.;  $k_{np}$  – премиальный коэффициент, равен 0,3;  $k_d$  – коэффициент доплат и надбавок, равен 0,2;  $k_p$  – районный коэффициент, равен 1,3 (для г. Томска).

Таблица 17 – Баланс рабочего времени исполнителей

Показатели рабочего времени	Руководитель	Исследователь
Календарное число дней	366	366
Количество нерабочих дней - выходные дни - праздничные дни	53/14	104/14
Потери рабочего времени - отпуск - невыходы по болезни	48/5	24/10
Действительный годовой фонд рабочего времени	246	213

Таблица 18 – Расчет основной заработной платы исполнителей

Исполнители НИ	$Z_{мс}, руб$	$k_{np}$	$k_d$	$k_p$	$Z_{м}, руб$	$Z_{дн}, руб$	$T_p, раб.дн.$	$Z_{осн}, руб$
Руководитель	26300	0,3	0,2	1,3	51285	2147,3	11	23620,3
Исследователь	17000	0,3	0,2	1,3	33150	1734,9	138	239416,2
Итого:								263036,5

#### 5.3.4 Дополнительная заработная плата

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн} = 263036,5 \cdot 0,15 = 39455,475 \text{ руб (30).}$$

где  $k_{доп}$  – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0,15).

### 5.3.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$З_{внеб} = k_{внеб} \cdot (З_{осн} + З_{доп}) = 302491,975 \cdot 0,3 = 90747,59 \text{ руб (31).}$$

где  $k_{внеб}$  – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

Общая ставка взносов составляет в 2018 году – 30% (ст. 425, 426 НК РФ):

- 22 % – на пенсионное страхование;
- 5,1 % – на медицинское страхование;
- 2,9 % – на социальное страхование. При этом сумма взносов к уплате

зависит от того, превысил доход установленный лимит или нет.

Ставка 30% будет действовать по 2020 год включительно (ст. 425, 426 НК РФ).

### 5.3.5 Накладные расходы

Накладными расходами учитываются прочие затраты организации, такие как: печать и ксерокопирование проектировочных документов, оплата услуг связи.

$$\begin{aligned} \text{Накладные расходы в целом: } З_{накл} &= (\text{сумма статей } 1 \div 4) \cdot k_{нр} = \\ &= (4510 + 7350 + 302491,975 + 90747,59) \cdot 0,16 = 64816,73 \text{ руб (32).} \end{aligned}$$

где  $k_{нр}$  – коэффициент, учитывающий накладные расходы. Величина коэффициента принимается равной 0,16.

### 5.3.6 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

На основании полученных данных по отдельным статьям затрат составляется калькуляция плановой себестоимости НИ (название темы) по форме, приведенной в таблице 19.

Таблица 19 – Группировка затрат по статьям

Статьи							
1	2	3	4	5	6	7	8
Амортизация	Сырье, материалы	Основная заработная плата	Дополнительная заработная плата	Отчисления на социальные нужды	Итого без накладных расходов	Накладные расходы	Бюджетная стоимость
7350	4510	263036.5	39455,475	90747,59	405104,57	64816,73	469921,3

#### 5.4 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получают в ходе оценки бюджета затрат трех (или более) вариантов исполнения научного исследования.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}} \quad (33),$$

где  $I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i}$  – интегральный финансовый показатель разработки;

$\Phi_{pi}$  – стоимость  $i$ -го варианта исполнения;

$\Phi_{\text{max}}$  – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта.

$\Phi_{\text{текущ.проект}} = 469921,3$  руб.

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{469921,3}{2\,000\,000} = 0,23 \quad (34).$$

В данном расчете за максимальную стоимость исполнения научно-исследовательского проекта, была принята сумма минимального размера гранта, выделяемого на лучшие проекты фундаментальных научных исследований, выполняемые молодыми учеными - кандидатами наук в научных организациях РФ.

$$I_{\text{тек.}} = 469921,3 / 2000000 = 0,23 \quad (35),$$

$$I_{\text{исп 1.}} = 2000000 / 2000000 = 1 \quad (36).$$

В результате выполнения изначально сформулированных целей раздела,

можно сделать следующие выводы:

1. По результатам проведенного анализа конкурентных технических решений можно отметить, что ударный механизм с пружим промежуточным элементом предпочтителен, по сравнению с другими ударными механизмами;

2. При проведении планирования был разработан план-график выполнения этапов работ для руководителя и инженера, позволяющий оценить и спланировать рабочее время исполнителей. Определено следующее: общее количество дней для выполнения работ составляет 157 дней; общее количество дней, в течение которых работал инженер, составляет 143 дней; общее количество дней, в течение которых работал руководитель, составляет 14 дней;

3. Составлен бюджет проектирования, позволяющий оценить затраты на реализацию проекта, которые составляют 469921,3 руб;

4. Главным преимуществом научного исследования является то, что подобных исследования по использованию в ударном механизме упругого промежуточного элемента, очень мало, что повышает конкурентно способность по сравнению с другими научными исследованиями. Одним из способов для быстрой реализации данного исследования, может послужить получение грантовой поддержки на выполнение проектов фундаментальных научных исследований.



## 6. Социальная ответственность

Основным принципом любого предприятия, должно являться создание безопасных условий труда на производстве во всех сферах производства. Улучшение реальных условий труда для рабочего, важная задача социальной политики. Работа на производстве характеризуется различными вредными и опасными факторами, которые возникают на производстве и несут в себе угрозу, рано или поздно потерять здоровье, или могут привести к несчастному случаю. Безопасность труда представляет собой совокупность требований, установленных законодательными актами, нормативно-техническими и проектными документами, правилами и инструкциями, выполнение которых обеспечивает безопасные условия труда и регламентирует поведение работающего.

Данный раздел включает в себя описание и влияние на человека опасных и вредных факторов при исследовании проекта на тему «Исследование динамики ударного устройства с формирователем ударного импульса». Целью данного раздела является выявление возможных вредных и опасных факторов процесса разработки проекта, а также разработка мероприятий по предотвращению негативного воздействия на здоровье инженера, занимающегося разработкой проекта и эксплуатацией оборудования в процессе исследования.

## 6.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Основными нормативными документами для обеспечения безопасности и охраны труда являются: Конституция РФ; Трудовой кодекс РФ.

Обязанности работодателя в области охраны труда предусмотрены ст. 212 ТК РФ. Согласно данной статье основные обязанности по обеспечению безопасных условий и охраны труда возлагаются на работодателя. Эта обязанность является основой для разработки таких нормативных актов, как коллективные договоры и соглашения, правила внутреннего распорядка, инструкции по безопасности труда и так далее. Перечень основных обязанностей работодателя в сфере охраны труда содержится в ст. ст. 22 и 212 ТК РФ, которые дополняются ст. ст. 213, 221, 222 ТК РФ и иными законами и правовыми актами. Работодатель обязан приобретать и выдавать сертифицированные средства защиты сотрудникам, занятым на работах с вредными и (или) опасными условиями труда, а также на работах, выполняемых в особых температурных условиях или связанных с загрязнением.

Трудовым законодательством Российской Федерации установлены и обязанности работника в сфере охраны труда. Так, согласно ст. 214 ТК РФ работник обязан соблюдать требования охраны труда, то есть специальные условия социального и (или) технического характера, которые установлены в целях обеспечения безопасных условий труда нормативными правовыми актами об охране труда, содержащими государственные нормативные требования охраны труда.

Работник имеет право на:

- предоставление ему работы, обусловленной трудовым договором;
- рабочее место, соответствующее государственным нормативным требованиям охраны труда и условиям, предусмотренным коллективным договором;
- отдых, обеспечиваемый установлением нормальной продолжительности рабочего времени, сокращенного рабочего времени для отдельных профессий и категорий работников;

- обязательное социальное страхование жизни и здоровья работника;
- отказ от выполнения работы, которая может повлечь причинение вреда здоровью.

Федеральные законы и нормативные акты:

- Федеральный закон «Об основах охраны труда в РФ»;
- Федеральный закон «Об обязательном социальном страховании от несчастных случаев на производстве»;
- Федеральный закон «О промышленной безопасности опасных производственных объектов»;
- Федеральный закон «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения»;
- Федеральный закон «О пожарной безопасности».
- ГОСТ
- СН (санитарные нормы)
- СанПиН (санитарные правила и нормы)
- ГН (гигиенические нормы)
- ПУЭ (правила устройства электроустановок)
- ГОСТы.

## 6.2 Производственная безопасность

В данном разделе анализируются опасные и вредные факторы (ГОСТ 12.0.003-2015), которые могут возникнуть при исследовании, разработке или эксплуатации ударного механизма с упругим промежуточным элементом.

Вредные и опасные факторы приведены в таблице 20.

Таблица 20. Вредные и опасные факторы при разработке и выполнении работ

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	Раз- ра- ботка	Изго- тов- ление	Экс- плуа- тация	
Вредные факторы				
1. Отклонения показателей микроклимата	+	+	+	СанПиН 2.2.4.548–96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений
2. Недостаточная освещенность рабочей зоны	+	+	+	СП 52.13330.2016. Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95*
3. Повышенный уровень вибрации			+	СН 2.2.4/2.1.8.566–96. Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий.
4. Длительная работа стоя	+	+	+	Трудовой кодекс РФ
5. Психофизиологические производственные факторы	+	+	+	Трудовой кодекс РФ
Опасные факторы				
1.Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека			+	ГОСТ 12.1.030-81 ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление. ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов.
2. Движущиеся части установки			+	ГОСТ 12.2.061-81 ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности к рабочим местам.
3. Отлетающие частицы и осколки			+	ГОСТ 12.2.061-81 ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности к рабочим местам.
4. Сжатый воздух			+	ГОСТ 12.2.016-81. Оборудование компрессорное. Общие требования безопасности

## 6.3 Анализ опасных и вредных производственных факторов

### 6.3.1 Микроклимат

Требования к метеорологическим условиям регламентируют Санитарные правила и нормы – СанПиН 2.2.4.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений», которые устанавливают оптимальные и допустимые величины показателей микроклимата для рабочей зоны закрытых производственных помещений с учетом характеристики трудового процесса, тяжести выполняемой работы, времени пребывания на рабочем месте и периодов года, а также методы измерения и оценки этих показателей на действующих предприятиях.

Оптимальные микроклиматические условия обеспечивают общее и локальное ощущение теплового комфорта в течение 8-часовой рабочей смены при минимальном напряжении механизмов терморегуляции организма человека, не вызывают отклонений в состоянии здоровья, создают предпосылки для высокого уровня работоспособности и являются предпочтительными на рабочих местах.

Оптимальные величины показателей микроклимата необходимо соблюдать на рабочих местах производственных помещений, на которых выполняются работы, связанные с нервно-эмоциональным напряжением (работы операторов в кабинах, на пультах и постах управления технологическими процессами, в залах вычислительной техники и др.).

Допустимые микроклиматические условия установлены по критериям допустимого теплового и функционального состояния человека в течение 8-часовой рабочей смены. Они не вызывают повреждений или нарушений состояния здоровья, но могут приводить к возникновению общих и локальных ощущений теплового дискомфорта, напряжению механизмов терморегуляции, ухудшению самочувствия и понижению работоспособности.

В основу нормирования микроклимата положены условия, при которых организм человека сохраняет нормальный тепловой баланс за счет определенных

физиологических процессов благодаря, которым осуществляется терморегуляция, обеспечивающая сохранение постоянной температуры тела путем теплового обмена с внешней средой. В результате терморегуляции происходит изменение обмена веществ и в зависимости от температуры окружающей среды повышается или понижается уровень тепловыделений. Интенсивность обмена веществ и уровень тепловыделений существенно не изменяются при температуре воздуха 15...20°C и относительной влажности 35...70%. При температуре воздуха до 30°C отдача теплоты организмом осуществляется конвекцией и излучением, а при более высоких температурах – главным образом путем усиленного образования и испарения пота.

Потоотделение при выполнении тяжелых физических работ и температуре воздуха 30°C и выше достигает 10 дм<sup>3</sup> в смену. Вместе с водой организм человека теряет 30...40 г соли, что на 20...30 г больше, чем при нормальных условиях. Поэтому в горячих цехах рабочие в качестве профилактического средства должны употреблять для питья соленую воду.

Для обеспечения нормативных показателей микроклимата в этих помещениях и защиты работающих от перегрева и охлаждения, простудных и других заболеваний используются инженерно-строительные меры, которые включают:

- теплоизоляция зданий;
- вентиляция;
- кондиционирование.

Теплоизоляция зданий осуществляется, исходя из теплоизоляционных свойств строительных ограждений производственного здания, соответствующих климатическим условиям района, в которых расположено пищевое предприятия. Теплоизоляционные свойства строительных ограждений устанавливаются при его проектировании и реализуется при строительстве.

Вентиляция должна обеспечивать нормативные показатели микроклимата в рабочей зоне. Для этого рассчитываются ее производительность, чтобы обеспечить удаление избыточной теплоты и избыточной влаги.

Кондиционирование предназначено для автоматического поддержания

в помещении нормативных показателей температуры и влажности воздуха.

### 6.3.2 Уровень вибрации на рабочем месте

Производственными источниками локальной вибрации являются машины ударного, ударно-вращательного и вращательного действия. К источникам технологических вибраций относится оборудование, действие которого основано на использовании вибрации и ударов (виброплатформы, вибростенды, молоты, штампы, прессы, ударные стенды), а также мощные электрические установки (компрессоры, насосы).

Основным документом, регламентирующим параметры производственных вибраций, являются Санитарные нормы СН 2.2.4/2.1.8.566-96 «Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий». В них содержится классификация вибрации, методы гигиенической оценки вибрации, нормируемые параметры и их допустимые величины. Имеется ряд государственных стандартов, которые регламентируют гигиенические параметры вибрации машин и оборудования.

Основными методами и средствами защиты от вибрации являются:

- устранение непосредственного контакта с вибрирующим оборудованием путем применения дистанционного управления, промышленных роботов, автоматизации;
- уменьшение интенсивности вибрации непосредственно в источнике;
- применение вибродемпфирования, динамического виброгашения, активной и пассивной виброизоляции;
- рациональная организация режима труда и отдыха;
- создание комплексных бригад с взаимозаменяемостью профессий;

- использование средств индивидуальной защиты;
- организация активной дифференцированной диспансеризации работников виброопасных профессий;
- тепловые процедуры для рук в виде гидропроцедур или сухого воздушного обогрева;
- взаимомассаж и самомассаж рук и плечевого пояса;
- производственная гимнастика;
- ультрафиолетовое облучение;
- витаминпрофилактика.



#### 6.3.4 Освещенность на рабочем месте

Освещение в производственных помещениях регулирует ГОСТ Р 55710-2013 Освещение рабочих мест внутри зданий. Нормы и методы измерений. Освещение как свет от какого-либо источника, создающее освещенность поверхностей предметов и обеспечивающее зрительное восприятие этих предметов.

Для оптимальной работы на производстве нужно использовать совмещенное освещение.

Совмещенное освещение – освещение, при котором недостаточное по нормам естественное освещение дополняется искусственным.

В системах производственного освещения применяют люминесцентные газоразрядные лампы, имеющие форму цилиндрической стеклянной трубки.

Для нормальной работы на рабочем месте, должно быть обеспечены оптимальные условия освещения. Определяем назначение помещения и исходя из этого выбираем нормируемую освещенность помещения (СНиП 23-05-95 Естественное и искусственное освещение). Допустим, нужна освещенность  $E_n = 500$  лк. Величина коэффициента естественного освещения (КЕО) для различных помещений лежит в пределах от 0,1 до 12%. В производственных помещениях обычно применяется совмещенное освещение.

Помещение будет иметь параметры:

Длинна- $B=10$  м;

Ширина- $A=8$  м;

Высота –  $H=3,5$  м;

Рабочая плоскость находится на уровне  $d=1$  м;

Свес светильника –  $m=0,5$ ;

коэффициенты отражения потолка –  $a=50\%$ ;

стен –  $b=30\%$ ;

пола –  $c=10\%$ .

Расстояние между светильниками:  $h=H-d-m=5$  м.

Рассчитываем площадь помещения:

$$S = A * B = 8 * 10 = 80 \text{ м}^2 (37).$$

Индекс помещения находим по формуле:

$$i = \frac{S}{(A+B)*h} = \frac{80}{(8+10)*8} = 0,9 (38).$$

По индексу помещения и коэффициентам отражения, находим коэффициент использования светового потока  $\eta = 36\%$ .

Количество рядов светильников определяем по формуле:

$$N_p = \frac{B}{L} = \frac{8}{2,8} = 2,8 \text{ ряда } (39), \text{ полученное число округляем до 3 рядов.}$$

Количество принятых светильников  $N=9$ . Коэффициент минимальной освещенности принять за  $z=1,1$ . По СП 52.13330.2016 нормируемая освещенность составляет  $E_n=750$  лк, коэффициент запаса  $k_3=1,6$ .

Вычислим световой поток для создания требуемого освещения:

$$\Phi_{\text{л}} = \frac{E_n \cdot S \cdot k_3 \cdot z}{10 \cdot 0,36} = 29333,33 \text{ лм } (40),$$

$$\Phi_{\text{л}} = \frac{E_n \cdot S \cdot k_3 \cdot z}{10 \cdot 0,36} = 29333,33 \text{ лм } (41).$$

Световой поток для одного светильника равен:

$$\Phi_{\text{л1}} = \frac{\Phi_{\text{л}}}{N} = \frac{2933}{10} = 293,33 \text{ лм } (42).$$

Выберем люминесцентную лампу типа OSRAM Basic 765, G13, T8, 36Вт со значением светового потока 3350 лм в количестве 9 штук для обеспечения нормы освещения в аудитории. Схема расположения ламп приведена на рис.1

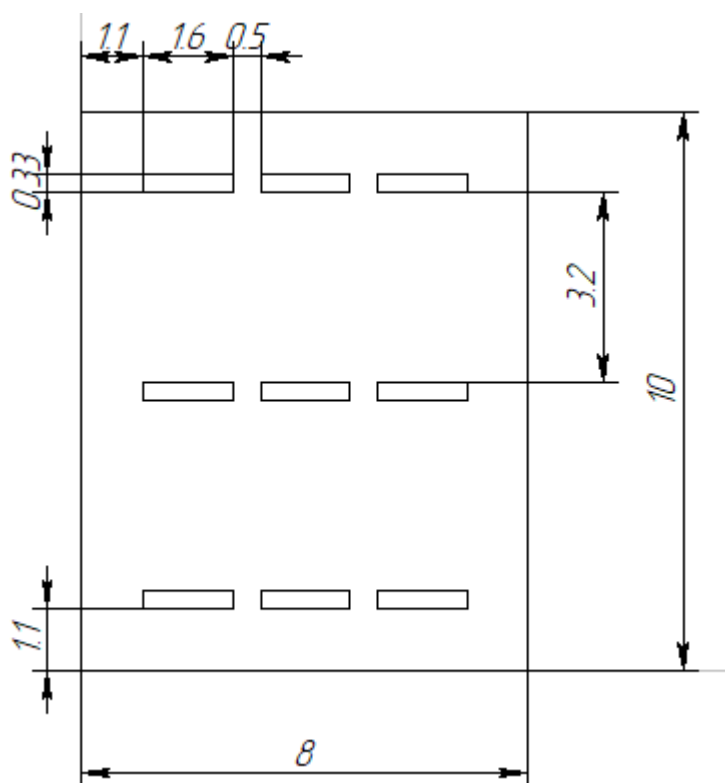


Рисунок 16 – Схема расположения ламп

### 6.3.5 Электробезопасность

В организациях должен осуществляться контроль за соблюдением требований электробезопасности и инструкций по охране труда, контроль за проведением инструктажей по электробезопасности. Нарушение требований электробезопасности влечет за собой ответственность в соответствии с действующим законодательством.

Электробезопасность – система организационных и технических мероприятий и средств, обеспечивающих защиту людей от вредного и опасного воздействия электрического тока, электрической дуги, электромагнитного поля и статического электричества (ГОСТ 12.1.009-76).

Работодатель обязан обеспечить:

- содержание электроустановок в работоспособном состоянии и их эксплуатацию в соответствии с требованиями нормативно-технических документов;

- своевременное и качественное проведение технического обслуживания, планово-предупредительного ремонта, испытаний, модернизации и реконструкции электроустановок и электрооборудования;
- подбор электротехнического и электротехнологического персонала, периодические медицинские осмотры работников, проведение инструктажей по безопасности труда, пожарной безопасности;
- обучение и проверку знаний электротехнического и электротехнологического персонала;
- надежность работы и безопасность эксплуатации электроустановок;
- охрану труда электротехнического и электротехнологического персонала;
- охрану окружающей среды при эксплуатации электроустановок;
- учет, анализ и расследование нарушений в работе электроустановок, несчастных случаев, связанных с эксплуатацией электроустановок, и принятие мер по устранению причин их возникновения;
- представление сообщений в органы госэнергонадзора об авариях, смертельных, тяжелых и групповых несчастных случаях, связанных с эксплуатацией электроустановок;
- укомплектование электроустановок защитными средствами, средствами пожаротушения и инструментом;
- проведение необходимых испытаний электрооборудования, эксплуатацию устройств молниезащиты, измерительных приборов и средств учета электрической энергии;
- выполнение предписаний органов государственного энергетического надзора.

Для обеспечения безопасности обслуживающего персонала и посторонних

лиц должна обеспечиваться выполнением следующих мероприятий:

- соблюдение соответствующих расстояний до токоведущих частей или путем закрытия, ограждения токоведущих частей;
- применение блокировки аппаратов и ограждающих устройств для предотвращения ошибочных операций и доступа к токоведущим частям;
- применение предупреждающей сигнализации, надписей и плакатов;
- применение устройств для снижения напряженности электрических и магнитных полей до допустимых значений;
- использование средств защиты и приспособлений, в том числе для защиты от воздействия электрического и магнитного полей в электроустановках, в которых их напряженность превышает допустимые нормы.

#### 6.3.6 Психофизиологические производственные факторы

На трудовую деятельность человека и его организм влияют объем восприятия и переработки информации, физическое, нервно-психологическое, умственное, эмоциональное перенапряжение, ритм и темп работы, монотонность труда. Их оценки позволяет определить степень и характер нагрузки во время работы, соответствие рабочего места и средств труда анатомо-физиологическим особенностям человека, установить рациональные режимы труда и отдыха, обустроить рабочие места, наладить профессиональный отбор и профориентацию.

Психофизиологические факторы опасности - факторы, обусловленные особенностями физиологии и психологии человека, могут нанести ей вреда при определенных обстоятельствах.

К ним относятся:

- Недостатки органов чувств (дефекты зрения, слуха и т.д.);

- Нарушение связей между сенсорными и моторными центрами, в результате чего человек не способен адекватно реагировать на изменения, которые воспринимаются органами чувств;
- Дефекты координации движений (особенно сложных движений и операций, приемов и т.д.);
- Повышенная эмоциональность, усталость;
- Эмоциональные явления (конфликтные ситуации, стрессы, связанные с семьей, друзьями, руководством)
- Неосторожность, что может привести к поражению не только отдельного человека, но и коллектива;
- Отсутствие мотивации к трудовой деятельности (незаинтересованность в достижении целей, недовольство оплатой, монотонность труда, отсутствие познавательного момента, то есть неинтересная работа);
- Недостаточность опыта (ошибки, неправильные действия, напряжение нервно-психической системы); опасения сделать ошибку усиливают вероятность несчастного случая.

Психофизиологические факторы постоянно или временно повышают возможность возникновения опасностей, но это не значит, что их наличие всегда приводит к опасной ситуации. Такие факторы опасностей непосредственно влияют на физические и физиологические процессы, работоспособность, настроение, производительность труда, жизнедеятельность в целом.

Чтобы минимизировать психофизическое воздействие на человека применяются различные меры.

Профилактика гиподинамии предусматривает исключение статической работы, изменение рабочей позы в процессе работы, проведение производственной

гимнастики с рациональным комплексом физических упражнений и т.п. Организация комнат психологической разгрузки способствует снижению усталости и повышению производительности труда работающих, улучшает их настроение, что в конечном счете способствует сохранению их работоспособности и обеспечению охраны труда.

- Профилактика сонливости при работе в ночные смены сводится к следующим основным мероприятиям:
- необходимо, чтобы работающие ночью соблюдали суточную норму сна - восемь часов;
- начало смен необходимо устанавливать в 8, 16 и 24 часа при трехсменном режиме работы и в 8, 14, 20, 2 часа при четырехсменном режиме работы;
- переход из смены в смену производить через неделю или две недели, причем чередование смен должно быть таким: утренняя – вечерняя – ночная;
- работающие в ночные смены должны в свободное время не заниматься тяжелым физическим трудом или трудом, требующим напряжения центральной нервной системы. Свободное время должно быть временем активного отдыха.

Основные меры по уменьшению влияния монотонности на человека:

- делать каждую операцию более содержательности, объединять малосодержательные операции в более сложные, содержательные и разнообразные; операция должна быть продолжительностью не менее 30 секунд; состоять из элементов, позволяющих чередовать нагрузки на различные органы чувств и части тела;
- осуществлять перевод работающих с одной на другую производственную операцию;

- применять оптимальные режимы труда и отдыха в течение рабочего дня (рабочей смены): назначать короткие дополнительные перерывы для отдыха всей смены (бригады) или отдельного работающего в удобное для него время. Целесообразны частые, но короткие перерывы.

Важное значение для производительного и безопасного труда имеют чистота и порядок на рабочем месте, в подразделении, в организации, надлежащая окраска оборудования и помещений, освещенность рабочих мест, ритмичность работы, регламентированные перерывы в работе, производственная гимнастика, профессиональная пригодность и др., которые повышают настроение и работоспособность, внимание, скорость реакции, улучшают общее состояние работающих.

### 6.3.7 Сжатый воздух

К самостоятельной работе с пневмоинструментом допускается обученный персонал, не моложе 18 лет, прошедшие медицинское освидетельствование, вводный инструктаж, первичный инструктаж, обучение и стажировку на рабочем месте, проверку знаний требований охраны труда.

Перед началом работы нужно:

- Осмотреть рабочее место, убрать все, что может помешать выполнению работ или создать дополнительную опасность.
- Проверить освещенность рабочего места (освещенность должна быть достаточной, но свет не должен слепить глаза).

На холостом ходу проверить:

- плотность присоединения шлангов к трубопроводам, соединения между собой (шланги должны быть присоединены при помощи инвентарных специальных ниппелей, штуцеров и хомутов);
- четкость работы пускового устройства;



- наличие повышенного шума, стука и вибрации;
- отсутствие самопроизвольного движения рабочего органа.

При возникновении аварий и ситуаций, которые могут привести к авариям и несчастным случаям, необходимо:

- Немедленно прекратить работы и известить руководителя работ.
- Под руководством руководителя работ оперативно принять меры по устранению причин аварий или ситуаций, которые могут привести к авариям или несчастным случаям.

При возникновении пожара, задымлении:

- Немедленно сообщить по телефону «01» в пожарную охрану, оповестить работающих, поставить в известность руководителя подразделения, сообщить о возгорании на пост охраны.
- Приступить к тушению пожара первичными средствами пожаротушения, если это не сопряжено с риском для жизни.
- Организовать встречу пожарной команды.
- Покинуть здание и находиться в зоне эвакуации.

По окончании работы необходимо:

- Привести в порядок рабочее место, инструменты и приспособления.
- Протереть шланг сухой тряпкой и аккуратно смотать его в бухту.
- Доставить инструмент и приспособления к основному месту работы.
- По прибытии к основному месту работы, снять спецодежду, вымыть руки с мылом, принять теплый душ.
- Сообщить лицу, ответственному за производство работ, обо всех недостатках, замеченных во время работы, и принятых мерах по их устранению.

#### 6.4. Требования во время работы ударного механизма

К работе на вибростенде допускаются лица не моложе 18 лет обученные безопасным методам и приемам выполнения работ, имеющие соответствующее удостоверение. Работники обязаны ежеквартально проходить повторный инструктаж по охране труда, по профессии и видам выполняемой работы. Работники обеспечиваются спецодеждой, в соответствии с действующими нормами. Работники обязаны соблюдать Правила внутреннего трудового распорядка и меры пожарной безопасности.

При работе на вибростенде возможно воздействие следующих опасных и вредных факторов:

- падение инструмента, модулей;
- пониженная освещённость на рабочем месте;
- поражение электрическим током;
- пожароопасность.

Перед началом работы необходимо:

1. Надеть спецодежду.
2. Проверить наличие и исправность:
  - токоведущих частей электроаппаратуры (пускателей, выключателей, рубильников);
  - ручного инструмента, (гаечные ключи);
  - исправность заземления токоведущих частей;
  - изоляции наружной электропроводки;
  - ограждений токоведущих частей;
  - освещения рабочей зоны.

Работать только на исправном механизме и только исправным инструментом. Во избежание травмирования электрическим током, запрещается прикасаться к незащищенным токоведущим частям оборудования. Подключение к электрической сети производить только с помощью электрической вилки. Во время работы рабочее место должно поддерживаться в порядке, запрещается допускать загромождения рабочего места. Запрещается производить снятие, установку, замену деталей, при включенном, находящемся под напряжением механизме.

После производства работы на ударном механизме необходимо:

- Отключить ударный механизм от электросети.
- Привести в порядок рабочее место.
- Сообщить мастеру или руководителю о выявленных замечаниях.
- Снять спецодежду и повесить ее в шкаф.
- Вымыть лицо и руки теплой водой с мылом или принять душ.

## 6.5. Экологическая безопасность

### 6.5.1 Утилизация люминесцентных ламп

При непосредственном выбросе на производстве требуется применять специальные системы вентиляции воздуха для уменьшения выбросов в окружающую среду. Предельно-допустимые нормы выбросов необходимо регламентировать согласно ГН 2.2.5.3532–18.

При работе на ударном стенде используется гидравлический привод, после использования вода, может сливаться в канализацию, для предотвращения загрязнения, можно фильтровать использованную воду, и применять ее повторно.

Для освещения производственного помещения, обычно используются люминесцентные лампы, так как в лампах содержится некоторое количество ртути, так как на этом металле основан принцип её работы. Поврежденные или использованные лампы, утилизируются специальными компаниями, имеющими специальное разрешение, так как обычным предприятиям, самостоятельная их утилизация запрещена, так как в них находятся крайне опасные вещества, и они относятся к особо опасной категории отходов. Утилизацией люминесцентных ламп имеют право заниматься только специализированные организации, имеющие лицензию на проведение подобного вида работ. Поэтому отходы от люминесцентных ламп и микросхем оборудования будут осуществляется другими предприятиями.

### 6.5.2 Утилизация микросхем

Большая часть драгоценных металлов и токсичных веществ расходуется на изготовление печатных плат. В общей массе отходов электроники они составляют всего несколько процентов. В них содержится небольшое количество серебра, золота и платины.

Утилизация электроники должна проходить на специализированных заводах с соблюдением всех требований технологического процесса и правил техники безопасности. В отходах электроники присутствует большое количество токсинов, которые при попадании во внутренние органы через кожу или дыхательные пути способны вызвать развитие опасных хронических заболеваний. Также при неправильной утилизации электронной техники они могут попадать в воздух, почву или водоемы, отравляя их и проникая в растения и живые организмы. К подобным элементам относятся тяжелые металлы, такие как: ртуть, мышьяк, свинец, кадмий и другие. К веществам, активно загрязняющим природу, относятся так называемые стойкие органические загрязнители. Они активно выделяются в процессе разборки, утилизации и переплавки деталей электронной техники. К ним относятся бромированные или хлорированные фенилы и эфиры.

Перерабатывают и утилизируют старые печатные платы коммерческие компании и волонтерские организации. Ненужные печатные платы сдают в пункты приема и утилизации электронных отходов. Сумма оплаты зависит от вида и характера электронного изделия, из которого она извлечена.

Методы переработки печатных плат делятся на физические и химические. Технология подразумевает последовательное применение этих методов. Платы требуется предварительно подготовить к переработке. Для этого демонтируются все возможные элементы, производится разделение подложки на части и последующее измельчение.

Организация физической переработки не требует серьезных финансовых затрат и большого количества времени. Но повторно использовать полученные в результате переработки материалы можно только после проведения химической обработки. При помощи химических реакций происходит окончательное удаление вредных и токсичных веществ.

### 6.5.3 ТБО

Промышленные отходы – материалы, которые образуются в процессе производства. В зависимости от агрегатного состояния, класса опасности отходов и

специфики предприятия определяют способ утилизации.

По степени негативного воздействия на окружающую среду, отходы подразделяют на 5 классов:

1. Чрезвычайно опасные отходы, которые наносят непоправимый вред экологии.
2. Отходы высокой опасности. Окружающая среда будет нейтрализовать их негативное воздействие более 30 лет.
3. Отходы умеренной опасности. Окружающая среда будет восстанавливаться на протяжении 10 лет.
4. Практически неопасные отходы. Вред, нанесенный окружающей среде, нейтрализуется в течение 3 лет.
5. Неопасные. Такие отходы не наносят вред окружающей среде.

Виды промышленных отходов зависят от сферы действия предприятия.

Согласно ФЗ РФ от 24.06.1998 N 89-ФЗ (ст. 26. «Производственный контроль в области обращения с отходами») каждой организации, процесс производства которой связан с возникновением отходов потребления и производства, должен быть разработан порядок обращения с отходами на предприятии.

В порядке необходимо оговорить способы контроля, а также все действия по сбору, накоплению, использованию, обезвреживанию, транспортированию, размещению отходов. Этот документ следует предъявлять органам государственного экологического контроля при проведении проверок.

Порядок обращения с отходами на предприятии должен быть согласован с государственным органом, осуществляющим контроль на территории, где будут образовываться отходы предприятия. Согласование осуществляет Росприроднадзор или Министерство природных ресурсов региона.

Возможные объемы отходов, которые можно накапливать на территории объекта до вывоза, называется ПНООЛР (проект нормативов образования отходов и лимитов на их размещение). На основе этого документа выдаются лимиты

на размещение отходов, которые регламентируют обращение с отходами на предприятии. Но для малых предприятий составление проекта не требуется.

## 6.6 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

### 6.6.1 Анализ ЧС, которые может инициировать объект исследования

В процессе проведения испытаний на ударном механизме, может произойти несколько чрезвычайных ситуаций. Наиболее вероятной ЧС может произойти – это возникновение пожара на рабочем месте, при перегреве пульта управления ударным механизмом. Так же, еще одним вероятным ЧС, может являться поражение электрическим током человека, от плохо изолированных проводов.

6.6.2 Анализ ЧС, которые могут произойти при проведении испытаний на ударном механизме.

Эксплуатационно-технические причины: нарушение технологических процессов (отклонения параметров процесса, отклонения в характеристиках сырья и материалов, нарушение технологической дисциплины и др.); изношенность оборудования.

Человеческий фактор: нарушение трудовой дисциплины; нарушение правил безопасности проведения работ; психофизиологические причины (ошибки в действиях, усталость, невнимательность и др.). Внешние причины: отклонения параметров энергопитания; погодные факторы; геологические явления; диверсии и др.

6.6.3 Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС

Одним из основных способов защиты является своевременный и быстрый вывод или вывод людей из опасной зоны, т.е. эвакуация. Вид эвакуации определяется видом, характером и условиями ЧС. Плановая и экстренная эвакуации

различаются временными рамками. Экстренная эвакуация вызывается быстротекущими процессами накопления негативных факторов в зоне ЧС или изначально высокими уровнями этих факторов. В числе мероприятий по защите персонала предприятия, которые разрабатываются объектовой комиссией, указываются действия по эвакуации работающей смены, как при угрозе, так и при возникновении ЧС.

Исходя из прогнозируемой возможности возникновения аварий, катастрофы или стихийного бедствия, которые могут повлечь за собой человеческие жертвы, принести ущерб здоровью людей, нарушить условия их жизнедеятельности, намечаются следующие мероприятия и временные параметры по эвакуации:

- определяется вид эвакуации (плановая или экстренная);
- производится расчёт рабочих и служащих, необходимых для проведения эвакуации;
- устанавливаются мероприятия по безаварийной остановке производства;
- намечаются схемы движения эвакуируемых из зоны ЧС к пунктам временного размещения и др.

При проведении исследований на ударном механизме с упругим промежуточным элементом, выявлены опасные и вредные факторы (работа стоя, вибрация, освещенность и т.д.), а также мероприятия по их устранению. Также указаны все необходимые гигиенические требования для безопасной организации рабочего места. Рассмотрены чрезвычайные ситуации, которые могут возникнуть (поражение током и пожар) и описаны действия для их предотвращения. Таким образом, можно отметить, рабочее место соответствует всем нормативным документам и требованиям.



## Заключение

В результате выполненной работы на основе доступных литературных источников был произведен анализ существующих конструкций, ударных механизмов с использованием упругого промежуточного механизма. Так же, был проведен анализ рынка, который показал, в каких сферах происходит использование ударных механизмов и насколько сильно развито их производство в России и Зарубежных странах. По поставленным задачам, разработана математическая модель ударного механизма с упругим промежуточным элементом, которая реализована в программном продукте MatLAB. Для составленной математической модели был произведен расчёт диапазона значений параметров системы. В результате теоретических исследований влияния различных параметров на исследуемую ударную систему, были найдены параметры, при которых ударная система работает, и с необходимым условиями.

В дальнейшем, планируется создание экспериментальной макеты, который позволит провести необходимые исследования в реальных условиях эксплуатации данной ударной системы.

В разделе «Социальная ответственность» были рассмотрены опасные и вредные факторы, влияющие на здоровье, самочувствие работающего и безопасность труда, а также разработаны мероприятия по их устранению. Большинство опасных и вредных факторов удалось устранить и значительно снизить их негативное влияние. В целом можно отметить, что условия труда на рассматриваемом участке являются достаточно комфортными и безопасными, что способствует снижению показателей травматизма, а также благоприятно влияет на повышение производительности труда.

В разделе «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» определен коммерческий потенциал и перспективность проведения данного научного исследования с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения, произведен расчет бюджета НИ, определена экономическая эффективность исследования.

### Список публикаций студента

1. Замыслов Ю.А. Моделирование ударного механизма с упругим промежуточным элементом/ Ю.А. Замыслов; науч. рук. В.Н. Дерюшева // Современные проблемы машиностроения: сборник научных трудов XII Международной научно-технической конференции, г. Томск, 28 октября - 1 ноября 2019 г. — Томск: Изд-во ТПУ, 2019.

2. Замыслов Ю.А. Ударный механизм с упругим промежуточным элементом/ Ю.А. Замыслов; науч. рук. В.Н. Дерюшева // VIII Международная научно-техническая конференция молодых ученых, аспирантов и студентов «Высокие технологии в современной науке и технике», г. Томск, 2019 г. — Томск: Изд-во ТПУ, 2019.

## Список использованных источников

1. Свайный молот [текст]/ П.Я. Фадеев, В. Я. Фадеев, М. М. Гусельников (СССР). — №4399237/33; заявл. 30.03.1988; опубл. 30.10.1994, Бюл. №42.
2. Анурьев, В. И. Справочник конструктора-машиностроителя : В 3 – х томах / В. И. Анурьев ; Под ред. И. Н. Жестковой. — 8 – е изд., перераб. и доп. — М. : Машиностроение, 1999 – . — ISBN 5-217-
3. Черных, К. Ф. Нелинейная теория упругости в машиностроительных расчетах / К. Ф. Черных. — Л. : Машиностроение, 1986. — 336 с. : ил. ; 22 см. — Библиогр.: с. 329 – 332.
4. Жуков, И. А. Формирование упругих волн в волноводах при ударе по ним полукатеноидальными бойками: дис. ... канд. техн. наук: 01.02.06: защищена 1.07.05./Жуков Иван Алексеевичу — Томск, 2005. — 132 л. — Библиогр.: с.107-112.
5. 37. Гусев, С. Навесной гидромолот. Преимущества на любой вес/ С. Гусев// СтройТехЭксперт, 2007 – №8 — стр.34 – 37
6. Математическое моделирование виброударного гидравлического узла [буровых установок] / В. Ф. Горбунов, В. А. Барашков, П. Я. Крауиньш, Л. А. Саруев // Известия вузов. Горный журнал. — 1976. — № 9. — С. 79-81.
7. Пат. 2059045 Российская Федерация, МПК E02D7/10. Сваебойный гидравлический молот [электронный ресурс]/ Фадеев П. Я., Фадеев В. Я., Мандрик М. С.; заявитель и патентообладатель Институт гидродинамики им. М. А. Лаврентьева СО РАН. — N 93002673/33; заявл. 14.01.93; опубл. 27.04.96.
8. 65. Кэйе, Р. Исследование цикла ударного бурения: пер. с фр./ Р. Кэйе. — М. : Углетехиздат, 1956. — 87 с. : ил. — Библиогр.: с. 85-86.
9. Пономарев, С. Д. Расчет упругих элементов машин и приборов/ С. Д. Пономарев, Л. Е. Андреева. — М. : Машиностроение, 1980. — 326 с.

: ил. — (Библиотека расчетчика).

10. Разработка и исследование пневматических молотков с виброгашением / В. Ф. Горбунов [и др.] // Вибрационная техника : материалы научно-технической конференции. — М., 1966. — С. 481-486.

11. Ручные пневматические молотки / В. Ф. Горбунов [и др.]. — М. : Машиностроение, 1967. — 184 с. : ил. — Библиогр.: с. 180-182.

12. Пат. 2310723 Российская Федерация, МПК E02D7/10. Свайный молот [электронный ресурс]/ Фадеев П. Я., Фадеев В. Я., Мандрик М. С.; заявитель и патентообладатель Институт гидродинамики им. М.А. Лаврентьева СО РАН (ИГиЛ СО РАН) .— N 2005110048/03; заявл. 06.04.05; опубл. 20.10.06.

13. Янцен И. А. Изыскание и исследование систем с гидропневмоударными устройствами применительно к созданию исполнительных органов машин активного действия: дис. ... д-ра техн. наук: 05.172/ И. А. Янцен ; — Томск, 1972. — 268 л. — Библиогр.: с. 258-267.

14. Новосельцева, Мария Викторовна. Обоснование параметров гидроимпульсного механизма для бурильных установок : автореферат дис. ... кандидата технических наук: 05.05.06 / Новосельцева Мария Викторовна; [Место защиты: Ин-т горн. дела СО РАН]. - Новосибирск, 2017. - 22 с.

15. Техника/ Как подобрать отбойный молоток [Электронный ресурс] URL: <https://tehnika.expert/dlya-remonta/prochaya-stroitel'naya-tehnika/otbojnyj-molotok.html> (Дата обращения: 24.04.2019).

16. ГОСТ Р 52762-2007 (МЭК 60068-2-75:1997) Методы испытаний на стойкость к механическим внешним воздействующим факторам машин, приборов и других технических изделий. Испытания на воздействие ударов по оболочке изделий

17. Инженерные решения/ Испытательные ударные стенды однократного и многократного удара[Электронный ресурс] URL:

<https://ir1.su/oborudovanie-dlea-ispitaniy/dinamicheskiye-ispitaniya/udarnyye-stendy/> (дата обращения: 18.05.2019).

18. Пат. 2294811 Российская Федерация, МПК В21J11/00, В21J9/12. Пресс-молот [электронный ресурс]/ Сердечный А. С., Сердечный А. А.; заявитель и патентообладатель Сердечный Александр Семенович, Сердечный Алексей Александрович. — N 2003117262/02; заявл. 09.06.03; опубл. 10.03.07.

19. Мегапредмет/ Классификация, конструктивные особенности и эксплуатационные характеристики ударных стенов/[Электронный ресурс]URL: <https://megapredmet.ru/1-70170.html> (дата обращения: 25.09.2019).

20. Фундаментспецбуд /УСТРОЙСТВО МИКРОСВАЙ ПНЕВМОПРОБОЙНИКАМИ (ЗАБИВАНИЕМ ТРУБ)/ [Электронный ресурс] URL: <http://fsbud.com.ua/пневмопробойник-микросваи-забивание/> (дата обращения: 30.06.2019).

21. Полищук, Д. Ф. Прикладные теории удара. Удар в пружинных механизмах / Д. Ф. Полищук, С. А. Девятериков. — М.; Ижевск: Институт компьютерных исследований: Регулярная и хаотическая динамика, 2006. — 124 с. : ил. — Литература: с. 120-123.

22. Розанов, Б. В. Гидравлические прессы / Б. В. Розанов. — М. : Машгиз, 1959. — 428 с. : ил. — Библиогр.: с. 425-426.

23. Технология полимерных материалов: учебное пособие / А. Ф. Николаев [и др.] ; под ред. В. К. Крыжановского. — СПб. : Профессия, 2008. — 544 с. : ил. — Литература: с. 530-533.

24. Фадеев, В. Я. Агрегат для глубокого трамбования грунта/ В. Я. Фадеев, П. Я. Фадеев П.Я.// Строительная Техника 2006 — №6.

25. Ходырев, В. А. Проектирование, изготовление и эксплуатация штампов с полиуретаном / В. А. Ходырев. — Пермь : Пермское книжное издательство, 1975. — 366 с. : ил. — Библиогр.: с. 361-362.

26. Пат. 2184811 Российская Федерация, МПК E02D7/10. Молот свабойный гидравлический [электронный ресурс]/ Когатько Г.И., Лемешко В.И., Власов П.В., Нифонтов В.А., Шишков Н.М.; заявитель и патентообладатель Войсковая часть 44535 — N 2001106217/03; заявл. 12.03.01; опубл. 10.07.02.//

27. Андреева, Л. Е. Упругие элементы приборов / Л. Е. Андреева. — 2 – е изд., перераб. и доп. — М. : Машиностроение, 1981. — 391 с. : ил. — Библиогр.: с. 382 – 387. — Предметный указатель: с. 388 – 391.

28. Алимов, О. Д. Метод расчета ударных систем с элементами различной конфигурации / О. Д. Алимов, В. К. Манжосов, В. Э. Еремьянц ; Академия наук Киргизской ССР, Институт автоматики. — Фрунзе : Илим, 1981. — 70 с. : ил. ; 26 см.

29. Алимов, О. Д. Исследование пневматических машин ударного действия / О. Д. Алимов, В. Ф. Горбунов, В. И. Бабуров// Сборник тезисов докладов первой научной сессии ВУЗов, объединенных Западно-Сибирским советом по координации научно-исследовательской работы (19 – 23 февраля 1963) Выпуск II. 1963г. — с.164.

30. Бурильные машины / О. Д. Алимов [и др.]. — М. : Госгортехиздат, 1960. — 259 с. : ил. — Библиогр.: с. 251-258.

31. Горбунов, В. Ф. Исследование динамики пневматических молотков/ В. Ф. Горбунов, В. И. Бабуров// Итоги исследований по электромеханике за 50 лет (1917-1967): труды Межвузовской научной конференции, посвященной пятидесятилетию Великой Октябрьской социалистической революции.— Томск, 1967.— С. 64-76. — Библиогр.: 40 назв.

32. СВ Онлайн/ Тарельчатые пружины [Электронный ресурс] URL: [https://www.cb-online.ru/spravochniki-online/online-spravochnik-konstruktora/pruzhiny/ta%C2%ADпельчатые/\(дата обращения: 30.06.2019\).](https://www.cb-online.ru/spravochniki-online/online-spravochnik-konstruktora/pruzhiny/ta%C2%ADпельчатые/(дата обращения: 30.06.2019).)

33. САГА/ Эластомерные пружины[Электронный ресурс] URL: <https://vibroopora.ru/elastomer/pp.shtml> (дата обращения: 14.06.2019).

34. Станки Эксперт/Коэффициент жесткости пружины[Электронный ресурс] URL: <https://stankiexpert.ru/tehnologii/koefficient-zhestkosti-pruzhiny.html> (дата обращения: 25.05.2019).
35. СТАМО/ Поуритановые пружины для штампов [Электронный ресурс]URL:<https://stankiexpert.ru/tehnologii/koefficient-zhestkosti-pruzhiny.html> (дата обращения: 04.07.2019).
- 36.Тракторист/Принципы работы Сваебойной машины[Электронный ресурс] URL:<https://grifon-kamaz.ru/zapchasti/printsip-raboty-svaebojnoj-ashiny.html> (дата обращения: 18.11.2019).
37. ЕДРИД/Сжимаемая эластомерная пружина[Электронный ресурс] URL: <https://grifon-kamaz.ru/zapchasti/printsip-raboty-svaebojnoj-mashiny.html> (дата обращения: 21.12.2019).

# ПРИЛОЖЕНИЯ



## ПРИЛОЖЕНИЕ А

### Приложение А.

#### Программа решения и построения графиков

```
1 - clear, clc
2 - close all
3 - % программа исследования
4
5 - %параметры системы
6 - h1=5;%коэффициент вязкого трения между поршнем-бойком 1 и корпусов 5
7 - h2=5;% коэффициент вязкого трения между поршнем-бойком 1 и промежуточным бойком
8 - c1=1000;% жесткость упругого элемента
9 - m1=80;% масса первого тела
10 - m2=40;%масса второго тела
11 - %F=50;
12
13 - x00=0.04; % xконт+хпруж+хбуф
14 - x10=0.6*x00; %хконт
15 - x20=0.8*x00; %хбуф
16
17 - %Уравнения
18 - f2 = @(t,v) v;|
19 - f1 = @(t,v, x, h, F, c,m) (F-h*v-c*(x-x10))/m;
20
21 - dt=0.000002; % шаг
22 - t = 0:dt:0.3; % Расчет кол-ва точек
23 - v = zeros(1,length(t));
24 - x = zeros(1,length(t));
25 - % Pt = zeros(1,length(t));
```

## Приложение Б.

### Программа решения и построения графиков (продолжение программы)

```
25 % Pt = zeros(1,length(t));
26 - for i=1:(length(t)-1)
27 -     if (v(i)>=0) & (x(i)>=0) & (x(i)<x10) % разгон
28 -         F=1000;
29 -         h=h1;
30 -         m=m1+m2;
31 -         c=0;
32 -     elseif (v(i)>=0) & (x(i)>=x10) & (x(i)<=x20) %удар
33 -         F=-150;
34 -         h=h1+h2;
35 -         m=m1;
36 -         c=c1;
37 -     elseif (v(i)<=0) & (x(i)>=x10) & (x(i)<=x20) %удар
38 -         F=-150;
39 -         h=h1+h2;
40 -         m=m1;
41 -         c=c1;
42 -     elseif (v(i)>=0) & (x(i)>=x20) & (x(i)<=x00) %буфер
43 -         F=-1000;
44 -         h=h1+h2;
45 -         m=m1;
46 -         c=c1;
47 -     elseif (v(i)<=0) & (x(i)>=x20) & (x(i)<=x00) %буфер
48 -         F=-500;
49 -         h=h1+h2;
50 -         m=m1;
```

## Приложение В.

### Программа решения и построения графиков (продолжение программы)

```
50 -         m=m1;
51 -         c=c1;
52 -         elseif (v(i)<=0) & (x(i)>0) & (x(i)<x10) %возврат
53 -             F=-1000;
54 -             h=h1;
55 -             m=m1+m2;
56 -             c=0;
57 -             elseif (v(i)<=0) & (x(i)<0) %возврат
58 -                 F=1000;
59 -                 h=h1;
60 -                 m=m1+m2;
61 -                 c=0;
62 -             end
63 -         % расчет 4 порядков
64 -         k_1 = f1(t(i),x(i),v(i),h, F, c,m);
65 -         k_2 = f1(t(i)+0.5*dt,x(i)+0.5*dt*k_1,v(i)+0.5*dt*k_1,h, F, c,m);
66 -         k_3 = f1((t(i)+0.5*dt), (x(i)+0.5*dt*k_2), (v(i)+0.5*dt*k_2),h, F, c,m);
67 -         k_4 = f1((t(i)+dt), (x(i)+k_3*dt), (v(i)+k_3*dt),h, F, c,m);
68 -
69 -         g_1 = f2(t(i),v(i));
70 -         g_2 = f2(t(i)+0.5*dt,v(i)+0.5*dt*k_1);
71 -         g_3 = f2((t(i)+0.5*dt), (v(i)+0.5*dt*k_2));
72 -         g_4 = f2((t(i)+dt), (v(i)+k_3*dt));
73 -
```

## Приложение Г.

### Программа решения и построения графиков (продолжение программы)

```
70 -      g_2 = f2(t(i)+0.5*dt,v(i)+0.5*dt*k_1);
71 -      g_3 = f2((t(i)+0.5*dt),(v(i)+0.5*dt*k_2));
72 -      g_4 = f2((t(i)+dt),(v(i)+k_3*dt));
73 -
74 -      v(i+1) = v(i) + (1/6)*(k_1+2*k_2+2*k_3+k_4)*dt;
75 -      x(i+1) = x(i) + (1/6)*(g_1+2*g_2+2*g_3+g_4)*dt;
76 -
77 -      if (v(i)>=0) & (x(i)>=0.99*x10) & (x(i)<=1.001*x10)
78 -          t10=t(i);
79 -          v10=v(i);
80 -      end
81 -
82 -      if (v(i)>=0) & (x(i)>=0.99*x20) & (x(i)<=1.001*x20)
83 -          t20=t(i);
84 -          v20=v(i);
85 -      end
86 -      if (v(i)<=0) & (x(i)>=0.99*x10) & (x(i)<=1.001*x10)
87 -          t10n=t(i);
88 -          v10n=v(i);
89 -      end
90 -
91 -      if (v(i)<=0) & (x(i)>=0.99*x20) & (x(i)<=1.001*x20)
92 -          t20n=t(i);
93 -          v20n=v(i);
```

## Приложение Д.

### Программа решения и построения графиков (продолжение программы)

```
93 -         v20n=v(i);
94 -     end
95 -     if (v(i)<=0.01) & (v(i)>=-0.01) & (x(i)>x10)
96 -         ts=t(i);
97 -         xs=x(i);
98 -     end
99 -
100 -
101 - end
102 -
103 - % вывод результат
104 - % disp (rest);
105 - % disp (resv);
106 - % disp (resx);
107 - subplot(2,1,1);
108 - plot(t, x, [0 0.3], [x10 x10], 'r--', [0 0.3], [x20 x20], 'r--'), grid, hold on;
109 - stem([t10 t20 t10n t20n ts], [x10 x20 x10 x20 xs]);
110 - title('Перемещение');
111 - xlabel('Время,с');
112 - ylabel('Амплитуда, м');
113 - subplot(2,1,2);
114 - plot(t, v), grid, hold on;
115 - stem([t10 t20 t10n t20n ts], [v10 v20 v10n v20n xs]);
116 - title('Скорость');
117 - xlabel('Время, с');
118 - ylabel('скорость, м/с');
```

## ПРИЛОЖЕНИЕ Е

### Study of the dynamics of a shock device with a shock pulse shaper.

Консультант школы отделения (НОЦ) школы ИШНПТ

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОМ	Дерюшева Валентина Николаевна	к.т.н.		

Консультант-лингвист отделения (НОЦ) школы ИШНПТ

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОИЯ ШБИП	Диденко Анастасия Владимировна	к.ф.н.		

## 1 Analysis of the designs of shock mechanisms

### 1.1 Analysis of the structures of known shock mechanisms

At present, the classification of impact mechanisms is so vast, ranging from large piling machines to manual impact units, and the use of impact units in various fields is so diverse, for various works.

Currently, a variety of impact machines are on the market, including hammering machines for tamping the soil, pile driving machines, hydraulic hammers and mini-hammer machines, and manual hammers.

Some of these facilities and the companies involved in their production are shown in table 1.

Table 1 - Companies involved in the production of shock mechanisms

Company	Machine Models
Liebherr	Piling and drilling rig LRB 16
Liebherr	Piling and drilling rig LRB 18
Liebherr	Piling machine LRH 400
CAT	Hydraulic Hammer H25D
Hydro-Tech	Atlas Copco Hand Copper
LLC "Bruce"	Hydraulic Pile Hammer BRUCE
ARLIFT	Mini - ArLift piling machine
Russian Construction Machines	MKU-1300 Titanishche

If it look at the principle of operation of these devices, the main distribution is gained with mechanisms with pneumatic, hydraulic and pneumohydraulic drives []. The cycle of the shock mechanisms can basically be divided into two stages: acceleration and cocking of the piston-hammer. When using a hydraulic actuator, windup and return will be carried out by a pneumatic actuator, acceleration and platoon by a hydraulic actuator - by a hydraulic actuator, and by a pneumohydraulic actuator — a windup will occur only by using a hydraulic actuator, and acceleration by either a pneumatic or pneumohydraulic actuator.

We can also divide the shock mechanisms by the force of the energy to strike: for small ones, energy is up to 100 J, medium ones give up to 50 kJ, and heavy ones - more than 50 kJ.

If we consider each of the drives for use in the design, then for each of them we can highlight the advantages and disadvantages.

In hydraulic actuators, the movement of the controlling device is carried out by the movement of a liquid (usually a mineral oil).

The main advantages of the hydraulic drive are:

1. The main advantage is the ability to develop a very large endeavor with compact parameters.

The hydraulic actuator produces a force 25 times higher than a pneumatic actuator of a similar size.

2. Hydraulic actuators can be removed from each pump station over a long distance, but with some loss of power (max. Distance 250-300 m.)

3. Small time for the development of significant endeavor and its smooth regulation

4. A wide range of operating temperatures from -50 to +100, but it is worth remembering that at low temperatures the viscosity of the oil increases, which complicates and slows down the work. Heating, on the contrary, dilutes and causes leaks.

5. A sufficiently high efficiency, but not higher than that of electromechanical gears.

The main disadvantage of using a hydraulic actuator is:

1. Dirty application: leakage of the working fluid is possible, especially at high pressure.

2. The working fluid can be heated, cooled, contaminated, which complicates the operation of the system and requires preventive measures.

3. The high cost of the equipment itself and its maintenance.

4. Bulky placement - requires a pumping station (and in some cases even two), a high pressure hitch for transporting oil.

5. Constant energy consumption - both during movement and at rest.

6. It is difficult to track the accuracy of work; additional equipment is required.

If we consider the pneumatic type of drive, then the scheme of the pneumatic



drive system is quite complicated, and includes control, distribution and actuating devices. By design, pneumatic actuators are divided into piston, diaphragm and bellows.

The main advantages of a pneumatic actuator include:

1. Simplicity of design and light weight of pneumatic cylinders.
2. Low price, especially if there is a pneumatic pipe or compressor. It turns out the most economical option. (However, the cost of the energy itself is high).
3. Fire / explosion proof - compressed air does not form flammable and explosive mixtures.
4. Bulky placement - a long service life.
5. Performance.
7. The ability to transfer air over very long distances, the pneumatic pipe at large enterprises is often used as the main one, although there may be losses in the delivered force and delay in the performance of operations.
8. Insensitive to radiation and electromagnetic radiation.

And the main disadvantages attributed to pneumatic actuators include:

1. Low efficiency (maximum 30%)
2. The complexity of precise regulation, low positioning accuracy (in fact, 2 rod positions), the use of positioners is required.
3. High noise level during operation.
4. It has some limits in capacity and withstand load. For significant loads, large dimensions of pneumatic equipment are required, so more often the pneumatic drive can be found in areas where it does not need to apply a lot of force.
5. Like a hydraulic drive, the item requires regular maintenance. It is very important to clean and condition the air - a set of measures to give it lubricating properties (oil spraying) and reduce humidity, because when the drive is operating, thermodynamic processes occur and water vapor condenses.
6. Not suitable for use at low and high temperatures, it may freeze.
7. Difficulty in ensuring stable speed.
8. It is difficult to ensure smoothness, especially with load fluctuations.

9. Possibility of ruptures in the pneumatic pipe, and this can be traumatic, therefore low pressure up to 1 MPa is usually used.

One of the most important tasks in the design of the impact mechanism is to increase the efficiency of the impact itself. Impact efficiency in percussion mechanisms depends on:

- properties of the striker, its mass and speed;
- load properties;
- duration of the shock pulse;
- the shape of the shock pulse.

In several scientific papers, it can see the proposal for the use of an intermediate element between the piston-peen and the intermediate peen or various purposes.

One of such scientific works is the work of the authors Fadeev P. Ya., Fadeev V. Ya., Guselnikov M. M., Mandrik M. S. Serdichny A. S., Serdny A. A., in which they use an intermediate element between piston-peen and the intermediate peen for various purposes. This may be a buffer of elastic material, or a buffer in the form of a working fluid, or a cavity with a gas-liquid medium.

So, for example, in one of such shock nodes, a cavity 7 is used (see Fig. 1), Filled with liquid, as an intermediate element to mitigate the impact of the piston-hammer 4 on the housing 1, since the head cap of the pile 2 is rigidly attached to the housing 1 We obtain that the striker 3, accelerating under the action of pressure in the gas cavity 8, hits the piston-striker 4, and that in turn compresses the liquid in the intermediate cavity 7, the pressure in which increases sharply and acts on the head of the pile 2 through the housing 1.

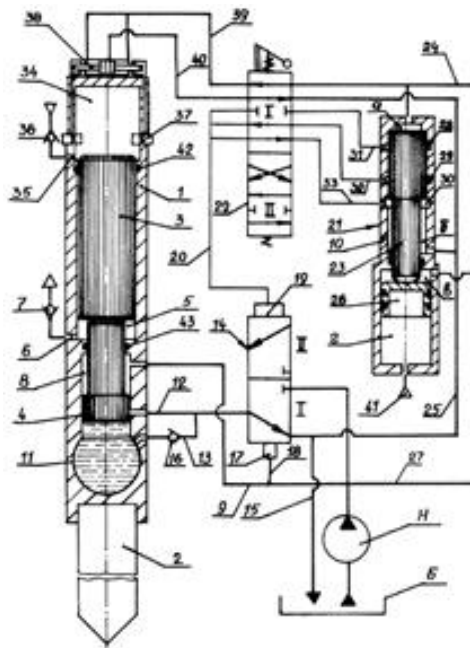


Figure 1- Pile hammer

In this regard, the formation of a shock pulse is affected not only by the properties of the load (pile and soil), but also by the properties of the liquid in the intermediate cavity 7.

So, one of the mechanisms working with the intermediate elastic mechanism is a unit for deep compaction of the soil developed by scientists of the Institute of Hydrodynamics of the SB RAS, and, its design and technological branch (Fig. 2). In the proposed unit, instead of a falling rammer, a thin-walled shell immersed in the soil with a hydropneumatic hammer built in it with an impact energy of up to 100 kJ. At the end of the stroke, the striker strike at he lower base of the shell through a special buffer, which, on the one hand, limits the magnitude of the shock impulse, protecting the shell from destruction, and on the other hand, it increases the time of impact on the ground tenfold compared with a hard blow. Through this buffer, the duration of the shock pulses can be adjusted over a wide range. Due to this, it is possible to select the optimal modes of compaction of soils with various properties, which favorably affects the efficiency of the process.



Figure 2- The unit for deep compaction of soil

In this paper, we will study the effect of using an intermediate element on the design of the shock assembly, and the loads that it will experience.

Now, there are various types of elastic elements that can be used in percussion mechanisms, my task is to choose a suitable intermediate element that can withstand multiple shock loads and does not lose its original properties, and investigate its use.

## 1.2 Analysis of known elastic elements

### 1.2.1 Coil springs

Coil springs is one of the varieties of springs, which is a twisted cylindrical structure (see. Fig. 3). This type of spring belongs to the so-called torsion springs. Coil springs in the working state are subjected to a deformation process, that is, they are stretched or compressed.



Figure 3- Coil spring

Cylindrical coil springs are a helical bar, and are designed to absorb the load, which is characterized as tensile or compressive. Cylindrical coil springs are made, as a rule, from steel wire of circular cross section, in some cases of rectangular cross section.

This type of spring is the simplest, technologically elastic, and reliable. Due to these properties, coil springs are widely used in mechanical engineering and instrumentation.

Helical cylindrical torsion springs represent a special type of these springs; the energy arising in them can be defined as the bending stress. Scopes of such springs are as follows:

- Creation and implementation of opposing torques by means of elastic force elements,

- The use of freewheels, spring brakes and others as a structural element.

Coiled conical springs (they are also called shock absorbers) are used in cases where the space where it is necessary to use the springs is limited and the size of the compressed springs should be minimal. The type of action of such springs is implemented as follows: spring coils, due to their location, enter one another under load.

### 1.2.2 Flat springs

Flat straight and curved springs are a plate of a given shape (straight or curved) (see Fig. 4), which, under the influence of external loads, is elastically bent, i.e., it works on bending. Flat springs are usually used in cases where the force acts on the spring within a small stroke.



Figure 4- Flat spring

Depending on the methods of fastening and places of application of loads, there are flat springs:

- working as cantilever beams with a concentrated load at the free end;
- working as beams, freely lying on two supports with a concentrated load;
- working like beams, one end of which is fixed, and the other lies freely on a support with a concentrated load;
- working like beams, one end of which is pivotally fixed, and the other lies freely on a support with a concentrated load;
- representing round plates fixed at the edges and loaded in the middle (membranes). When designing flat leaf springs, one should choose the simplest forms for them to facilitate their calculation.

### 1.2.3 Coil springs

Spiral springs are metal parts, spiral springs are used in various areas of the economy to transmit rotational and translational movements to the nodes of any structures, mechanisms, assemblies (see Fig. 5). Springs can also be used to dampen vibrations of metal structures. In addition to various types, coil springs are classified based on the type of strain transfer. There are three of these types: compression and torsion springs.



Figure 5- Spiral spring

The deformation force in the torsion springs is applied at right angles to the spring axis. In this case, the load causes the unwinding, or vice versa, the twisting of the spiral. The load is applied due to the fact that the design of the torsion spring includes special hooks on the last rings.

A characteristic feature of the tension springs are tightly adjacent coils having the form of a spiral. The principle of operation of such springs is to increase its length under the influence of a tensile load that is applied to the spring. The impact on the tension spring is carried out through the hooks, which are located at the ends of the spring. In addition to the hooks, the use of internal bushings twisted into the spring body with a certain allowance is possible. The load is applied along the axis.

Compression springs, unlike tension springs, have a significant distance between the rings. This distance is called a step. Compression springs, when exposed to loads, are either deformed or compressed. This type of spring has a specially machined surface at the extreme rings to distribute uniform impact over the entire length of the spring. As in the case of tensile springs, the load on the compression springs should be

applied along the axis of the product. In order to ensure proper centering in cases where the height of the spring is more important than the diameter of the coils, frames or special “glasses” are used.

All coil springs are made of round wire. However, for the manufacture of springs for various clockwork devices, a cold-rolled steel spring band is used. In the manufacture of billets, they are wound on a cylindrical mandrel and are in this position for several days. Due to the long exposure in this position, it is possible to obtain a stable value of the moment of the spring.

#### 1.2.4 Belleville springs

Today, a spring disk washer is used in the case when it is necessary to ensure the stability of the connection to high power loads with minor deformations. At the same time, a Belleville spring can be manufactured using various alloys; a spring steel is often used, since it has all the required properties.



Figure 6 - Belleville spring

#### 1.2.5 Fluid spring

Drop liquid is an elastic body, obeying, with some approximation, Hooke's compression law (the change in the volume of the liquid during its compression is proportional to the change in pressure), which allows the use of liquids as springs and shock absorbers.

The circuit diagram is shown in Fig.7, a. In such a circuit, the spring is made up of a cylinder 3 and a rod with a piston 2, which serves as a guide, that enters into it through the sealing unit 5. The cylinder 3 is filled with a deaerated liquid with a certain



initial pressure, which determines the force of the initial "compression" of the spring, calculated (without taking into account friction).

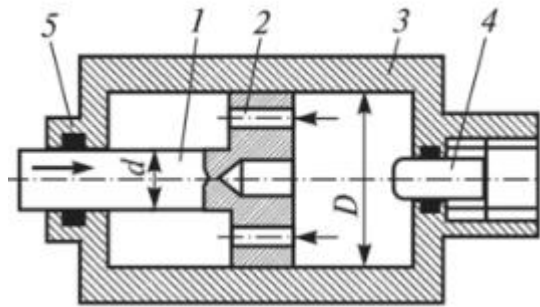


Figure 7- Schematic diagram of the fluid spring

A possible failure of the fluid spring is mainly associated with a partial loss of fluid, which cannot cause the machine to fail and is not dangerous for maintenance personnel. Liquid springs are widely used as supports for heavy machines and plants, as buffer devices for braking large masses on small sections of the track, and, also, as devices for protecting machines from shock overloads. These springs, equipped with damping devices, are widely used as shock absorbers for the chassis of transport vehicles and aircraft. The maximum number of strokes of a fluid spring is 300 to 400 double strokes (reductions) per minute. However, when used in test vibration systems as a pulse drive, they allow up to 100 pulses per second with small vibration amplitudes.

#### 1.2.6. Gas spring

Gas springs are hydropneumatic adjustment products. They consist of a pressure tube and a rod with a piston package. The connecting elements (end connections) of various types provide the connection of the gas spring with the structure. SUSPA gas springs have a special piston pack and a sealing pack. This ensures a tight structure and low friction even when used in extreme environmental conditions. Gas springs are filled with nitrogen under high pressure. This creates a filling pressure, which in turn acts on the piston. Thus, a resistance force is created. If this force of the gas spring is greater than the reaction force, then the rod extends, with less force, the spring is compressed. The stem extension speed is determined by the design of the piston pack. In addition to nitrogen, there is a certain amount of oil in the interior of the pressure tube

to lubricate the rubbing parts and to absorb the stroke of the rod in the final position.



Figure 8 -Gas spring

When choosing gas springs, the following must be considered:

- The ratio of the stem diameter and the pressure pipe determines the force that the gas spring is designed for. The usual characteristics of the springs are a small stem diameter and a large cross section of the pressure tube.
  - With a larger stroke, less gas spring force is required and, as a result, less drag force in the connecting parts.
  - With a very large stroke and a high drag force, a large stem diameter is required.
- This ratio provides protection against gas spring bending. In this way, the effect of transverse forces can be avoided.

### 1.2.7 Elastomeric springs

They are characterized by durability, excellent resistance to oils, preservation of spring characteristics after prolonged use, and high elongation at bursting and much more.

When using elastomeric springs, the possibility of damaging technological

equipment or stopping the process due to jamming or breaking of the spring is completely eliminated, as is the case with traditional steel springs.

An additional advantage of elastomeric springs is their ability to absorb and dampen shock loads, which contributes to a significant increase in the life of tooling, reduces noise during dies and presses, and improves the quality of the final product.



Figure 9- Elastomeric spring

Also, elastomeric springs have:

- a high oil resistance;
- absolutely reliable under extreme loads;
- unlike other spring systems, do not require special maintenance;
- dampen shock and vibration loads.

URELAST 90 springs at max. 30% of dynamic compression can withstand at least 2 million load cycles, and with less compression - many more. Operation in extreme conditions increases shrinkage, but breakage or blocking of the spring is excluded.

The maximum expansion for 0 32 mm at 8% compression is 035 mm. Installation location is 0 40 mm. The percentage of spring expansion is approximately equal to the percentage of compression. At high dynamic loads, it is recommended to choose springs designed for loads that exceed the effective load (the effective load is provided technologically by the equipment) by a certain coefficient.

The selection of elastomeric springs is carried out following several criteria:

1. The desired parameters

2. Max spring travel
3. Shrinkage
4. Effort
5. Maximum stroke frequency
6. Installation location

To prevent excessive vibrations and unwanted beats, elastomeric plates will be used. Compared with traditional materials, they are thinner to solve similar problems.

The practical incompressibility of the elastomeric plate simplifies the design of the vibration-proof structure during design and ensures the uniformity of the form throughout the entire period of use.

The estimated period of operation of vibration damping plates exceeds 50 years, i.e. comparable to the equipment life cycle. The service life is more than three times that of traditional vibration protection materials.

The axial working load for vibration damping plates reaches 700 tons / m<sup>2</sup>, which is almost 10 times higher than that of competing materials.

Depending on the method of application, the plates provide absorption of up to 85% of vibration energy in the frequency range from 2 to 10,000 Hz.

The chemical composition of vibration damping elastomers gives the product resistance to the effects of transmission and industrial oils, gasolines and fuels, alkalis and acids, ozone resistance, resistance to hydrolysis, as well as high electrical insulation characteristics.

Nowelle® elastomeric vibration damping plates are manufactured in accordance with TU 2534-001-32461352-2015.

As a result, the use of an elastic intermediate element allows increasing the interaction time of the striker and intermediate peen, thereby increasing the impact efficiency.